

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 13339:2021**

Xuất bản lần 1

**ỨNG DỤNG ĐƯỜNG SẮT - CUNG CẤP ĐIỆN VÀ PHƯƠNG  
TIỆN ĐƯỜNG SẮT - TIÊU CHÍ KỸ THUẬT ĐỐI VỚI SỰ PHỐI  
HỢP GIỮA CUNG CẤP ĐIỆN (TRẠM ĐIỆN KÉO) VÀ  
PHƯƠNG TIỆN ĐƯỜNG SẮT**

*Railway applications - Power supply and Rolling stock - Technical criteria for the coordination between  
power supply (substation) and rolling stock*

**HÀ NỘI - 2021**

## Mục lục

1	Phạm vi áp dụng .....	7
2	Tài liệu viện dẫn .....	8
3	Thuật ngữ và định nghĩa .....	9
4	Khoảng thời gian mà các tham số có thể được tính trung bình hoặc tích hợp .....	14
5	Khu đoạn cách ly .....	14
5.1	Khu đoạn cách ly pha .....	14
5.2	Khu đoạn cách ly hệ thống .....	15
6	Hệ số công suất của tàu .....	16
6.1	Yêu cầu chung .....	16
6.2	Hệ số công suất điện cảm .....	16
6.3	Hệ số công suất điện dung .....	17
6.4	Tiêu chí chấp nhận .....	18
7	Giới hạn dòng điện của tàu .....	18
7.1	Dòng điện lớn nhất .....	18
7.2	Điều chỉnh tự động .....	18
7.3	Thiết bị giới hạn công suất hoặc dòng điện .....	20
7.4	Tiêu chí chấp nhận .....	20
8	Yêu cầu đối với hiệu năng của nguồn cung cấp điện .....	20
8.1	Yêu cầu chung .....	20
8.2	Mô tả .....	20
8.3	Các giá trị $U_{\text{mean useful}}$ trên cần lấy điện .....	21
8.4	Mối quan hệ giữa $U_{\text{mean useful}}$ và $U_{\text{min1}}$ .....	22
8.5	Tiêu chí chấp nhận .....	22
9	Loại tuyến và hệ thống điện khí hóa .....	22
10	Sóng hài và hiệu ứng động học .....	23
10.1	Yêu cầu chung .....	23
10.2	Quy trình chấp nhận đối với các tổng thành mới .....	26
10.3	Nghiên cứu tính tương thích .....	26

**TCVN 13339:2021**

10.4 Phương pháp và tiêu chí chấp nhận .....	30
11 Phối hợp bảo vệ .....	31
11.1 Yêu cầu chung .....	31
11.2 Bảo vệ chống ngắn mạch .....	31
11.3 Tự động đóng lại máy cắt trạm điện kéo và ảnh hưởng của việc mất điện áp lưới .....	33
11.4 Hệ thống điện khí hóa một chiều, dòng quá độ khi đóng mạch .....	34
11.5 Tiêu chí chấp nhận .....	35
12 Hãm tái sinh .....	35
12.1 Yêu cầu chung khi sử dụng hãm tái sinh .....	35
12.2 Sử dụng hãm tái sinh .....	36
12.3 Tiêu chí chấp nhận .....	38
13 Ảnh hưởng của vận hành thiết bị điện một chiều trên hệ thống điện xoay chiều .....	38
14 Các phép thử .....	38
15 Phương pháp thử nghiệm .....	39
15.1 Khu đoạn cách ly .....	39
15.2 Hệ số công suất .....	39
15.3 Giới hạn dòng điện của tàu .....	39
15.4 Chỉ số chất lượng của nguồn cung cấp điện .....	40
15.5 Hiệu ứng sóng hài và động học .....	41
15.6 Phối hợp bảo vệ .....	42
15.7 Hãm tái sinh .....	43
Phụ lục A - Các khoảng thời gian tích hợp để tính giá trị trung bình của các tham số .....	44
Phụ lục B - Tiêu chí lựa chọn xác định điện áp trên cần lấy điện .....	46
Phụ lục C - Điều tra các đặc tính sóng hài và các quá áp liên quan .....	49
Phụ lục D - Dữ liệu liên quan đến đánh giá tính tương thích của sóng hài và các hiệu ứng động học .....	54
Phụ lục E - Tổng hệ số công suất điện cảm và điện dung .....	64
Phụ lục F - Dòng điện của tàu cho phép lớn nhất .....	67
Phụ lục G - Các điều kiện của các quốc gia cụ thể .....	69
Thư mục tài liệu tham khảo .....	71

**Lời nói đầu**

TCVN 13339:2021 được xây dựng trên cơ sở tham khảo tiêu chuẩn EN 50388:2012.

TCVN 13339:2021 do Trường đại học Công nghệ Giao thông vận tải biên soạn, Bộ Giao thông vận tải đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

## Ứng dụng đường sắt - Cung cấp điện và phương tiện đường sắt - Tiêu chí kỹ thuật đối với sự phối hợp giữa cung cấp điện (trạm điện kéo) và phương tiện đường sắt

*Railway applications - Power supply and rolling stock - Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock*

### 1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu về tính tương thích của phương tiện đường sắt với cơ sở hạ tầng đường sắt, đặc biệt liên quan đến:

- Việc phối hợp các nguyên tắc bảo vệ giữa nguồn cung cấp điện và các đơn nguyên kéo, đặc biệt là việc phân biệt sự cố đối với các trường hợp ngắn mạch;
- Việc phối hợp công suất của các thiết bị cố định trên tuyến và nhu cầu sử dụng điện của tàu;
- Việc phối hợp giữa hãm tái sinh của đơn nguyên kéo và nguồn tiếp nhận điện từ hãm tái sinh;
- Việc phối hợp để giảm ảnh hưởng của sóng hài.

Tiêu chuẩn này đưa ra các định nghĩa, các yêu cầu về chất lượng của nguồn cung cấp điện tại giao diện giữa các đơn nguyên kéo và các thiết bị lắp đặt cố định.

Tiêu chuẩn này quy định về giao diện giữa phương tiện đường sắt và các thiết bị điện kéo được lắp đặt cố định, liên quan đến hệ thống cung cấp điện. Sự tương tác giữa cần lấy điện và đường dây tiếp xúc trên cao được quy định trong EN 50367. Sự tương tác với hệ thống con "ra lệnh - điều khiển" (đặc biệt là hệ thống tín hiệu) không được quy định trong tiêu chuẩn này.

Các yêu cầu được quy định đối với các tuyến TSI (cả tuyến tốc độ cao và tuyến truyền thống) và các tuyến thông thường.

## TCVN 13339:2021

Đối với các tuyến thông thường, các giá trị nếu được quy định là dành cho các mạng lưới đường sắt Châu Âu hiện có. Ngoài ra, các giá trị lớn nhất quy định có thể áp dụng cho các phát triển trong tương lai về cơ sở hạ tầng của các mạng lưới đường sắt xuyên Châu Âu.

Các hệ thống điện kéo sau đây nằm trong phạm vi của tiêu chuẩn này:

- Lĩnh vực đường sắt;
- Các hệ thống vận tải khối lượng lớn có dẫn hướng được tích hợp vào đường sắt;
- Các hệ thống vận tải nguyên liệu được tích hợp vào đường sắt.

Tiêu chuẩn này không áp dụng đối với phương tiện đường sắt đã và đang vận hành khai thác thương mại.

Các thông tin về các thông số điện khí hóa, chẳng hạn như sau khi tham khảo ý kiến của các nhà sản xuất phương tiện đường sắt, cho phép các công ty vận hành tàu xác nhận rằng không có sự xáo trộn gián tiếp nào trên hệ thống điện khí hóa.

## 2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn dưới đây là cần thiết để áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu ghi năm công bố thì áp dụng các bản được nêu. Đối với các tài liệu không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất (kể cả các sửa đổi).

EN 50122-2:2010, Railway applications - Fixed installations - Electrical safety, earthing and the return circuit - Part 2: Provisions against the effects of stray currents caused by d.c. traction systems (*Ứng dụng đường sắt - Lắp đặt cố định - An toàn điện, nối đất và mạch hồi lưu - Phần 2: Các biện pháp chống những ảnh hưởng của các dòng rò gây ra do các hệ thống điện kéo một chiều*).

TCVN 13337-3:2021, Ứng dụng đường sắt - Lắp đặt cố định - An toàn điện, nối đất và mạch điện hồi lưu - Phần 3: Tương tác lẫn nhau giữa các hệ thống điện kéo xoay chiều và một chiều.

EN 50123-1:2003, Railway applications - Fixed installations - D.C. switchgear - Part 1: General (*Ứng dụng đường sắt - Lắp đặt cố định - Thiết bị đóng cắt một chiều - Phần 1: Yêu cầu chung*).

EN 50163:2004 + A1:2007, Railway applications - Supply voltages of traction systems (*Ứng dụng đường sắt - Điện áp của nguồn cấp điện sức kéo*).

EN 50367, Railway applications - Current collection systems - Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead line (*Ứng dụng đường sắt - Hệ thống gom điện - Tiêu chí kỹ thuật đối với sự tương tác giữa cần lấy điện và đường dây tiếp xúc trên cao*).

TCVN 8095-811:2010 (IEC 60050-811:1991), Từ vựng kỹ thuật điện quốc tế - Phần 811: Hệ thống kéo bằng điện.

### 3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này, áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau:

#### 3.1

##### **Điều kiện vận hành bất thường** (abnormal operating conditions)

Là mật độ chạy tàu quá cao hoặc các thiết bị cung cấp điện gián đoạn hoạt động vượt giới hạn tiêu chuẩn thiết kế.

Chú thích: Trong các điều kiện này, mật độ chạy tàu có thể không theo biểu đồ chạy tàu thiết kế.

#### 3.2

##### **Tuyến thông thường** (classical line)

Là tuyến hiện đang hoạt động không phải là đối tượng của một dự án cải tạo, nâng cấp để làm cho tuyến đó phù hợp với các quy định TSI.

#### 3.3

##### **Đường dây tiếp xúc** (contact line)

Là hệ thống đường dây dẫn điện để cung cấp điện cho phương tiện thông qua thiết bị gom điện.

[Nguồn: TCVN 8095-811-33-01]

#### 3.4

##### **Tàu đo** (dimensioning train)

Là tàu có điện áp hiệu dụng trung bình nhỏ nhất.

#### 3.5

##### **Đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng** (infrastructure manager)

Là đơn vị hoặc tổ chức chịu trách nhiệm cụ thể trong việc xây dựng và bảo trì cơ sở hạ tầng đường sắt.

Chú thích 1: Trách nhiệm của đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng có thể gồm quản lý các hệ thống an toàn và kiểm soát

## **TCVN 13339:2021**

cơ sở hạ tầng. Chức năng của đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng trên toàn mạng lưới hay một phần mạng lưới đường sắt được chỉ định cho các đơn vị hoặc tổ chức khác nhau.

Chú thích 2: Trong quy định của TSI ở phần Năng lượng, đơn vị này được xem như là chủ sở hữu hoặc đơn vị giải quyết tranh chấp.

### **3.6**

#### **Vận tốc tuyến lớn nhất (maximum line speed)**

Là vận tốc tuyến được phê duyệt vận hành.

### **3.7**

#### **Điện áp hiệu dụng trung bình trên cần lấy điện (mean useful voltage at the pantograph) $U_{\text{mean useful}}$**

##### **3.7.1**

##### **$U_{\text{mean useful}}$ (khu vực) (zone)**

Là điện áp thể hiện chất lượng của nguồn cung cấp điện theo khu vực địa lý trong khoảng thời gian có mật độ chạy tàu lớn nhất theo thời gian biểu chạy tàu.

##### **3.7.2**

##### **$U_{\text{mean useful}}$ (tàu) (train)**

Là điện áp được xác định bằng tàu đo và cho phép đo sự ảnh hưởng đến hiệu năng của tàu một cách định lượng.

### **3.8**

#### **Dãn cách nhỏ nhất (minimum possible headway)**

Là khoảng thời gian nhỏ nhất mà các tàu có thể vận hành dưới sự cho phép của hệ thống tín hiệu.

### **3.9**

#### **Tổng thành mới (new element)**

Là một đơn nguyên kéo hoặc một tổng thành cung cấp điện mới, được cải tạo hoặc sửa đổi (phần cứng hoặc phần mềm) có thể ảnh hưởng đến hoạt động đồng bộ của hệ thống cung cấp điện.

Chú thích: Tổng thành mới này có thể được tích hợp trong mạng lưới cung cấp điện kéo hiện có với các đơn nguyên kéo, đối với thiết bị lắp đặt cố định là:



- Máy biến áp;
- Cấp điện cao thế;
- Các bộ lọc;
- Bộ biến đổi điện.

### 3.10

#### **Điều kiện vận hành bình thường** (normal operating conditions)

Là mật độ chạy tàu theo thời gian biểu thiết kế và phương án lập tàu được sử dụng để thiết kế các thiết bị lắp đặt cố định trong nguồn cung cấp điện.

Chú thích: Thiết bị cung cấp điện được vận hành theo các quy định thiết kế tiêu chuẩn. Các quy định đó có thể thay đổi tùy thuộc vào chính sách của đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng.

### 3.11

#### **Đường dây tiếp xúc trên cao** (overhead contact line)

Là đường dây tiếp xúc được bố trí lắp đặt bên trên (hoặc hai bên) giới hạn trên của khổ giới hạn phương tiện và cung cấp điện cho phương tiện thông qua thiết bị lấy điện được lắp phía trên mũi phương tiện.

[Nguồn: TCVN 8095-811-33-02]

### 3.12

#### **Hệ số công suất** (power factor)

$$\cos\varphi = \frac{\text{công suất tác dụng của sóng cơ bản}}{\text{công suất biểu kiến của sóng cơ bản}}$$

Chú thích 1: Trong tiêu chuẩn này, chỉ xem xét đến sóng cơ bản.

Chú thích 2: Đây cũng là hệ số chuyển vị  $\cos\varphi$ .

### 3.13

#### **Sổ đăng ký của cơ sở hạ tầng** (register of infrastructure)

Theo quy định của TSI, là bộ tài liệu duy nhất được lập ra cho mỗi khu đoạn tuyến, các đặc tính của các tuyến liên quan tương ứng với tất cả hệ thống con bao gồm cả thiết bị lắp đặt cố định.

## TCVN 13339:2021

Chú thích: Danh sách các hạng mục có trong sổ đăng ký được mô tả trong các phụ lục của tiêu chuẩn TSI, phần Năng lượng.

### 3.14

#### Phương tiện đường sắt (rolling stock)

Là thuật ngữ chung bao gồm tất cả các phương tiện có hoặc không có động cơ chạy trên đường ray.

[Nguồn: TCVN 8095-811-02-01]

### 3.15

#### Khu đoạn cách ly hoặc khu đoạn trung gian (separation or neutral section)

Là một khu đoạn của đường dây tiếp xúc được cách ly tại một điểm ở mỗi đầu để ngăn cách với các khu đoạn dẫn điện kế tiếp có sự khác nhau về điện áp, pha hoặc tần số được liên kết với nhau để các thiết bị gom điện chạy qua.

### 3.16

#### Trạm điện kéo ((traction) substation)

Là một trong những thiết bị lắp đặt cố định có chức năng chính là cung cấp điện cho hệ thống đường dây tiếp xúc và tại đó trong một số trường hợp điện áp và tần số của hệ thống điện sơ cấp nguồn cấp được biến đổi thành điện áp và tần số của đường dây tiếp xúc.

### 3.17

#### Tổng hệ số công suất $\lambda$ (total power factor $\lambda$ )

$$\lambda = \frac{\text{Công suất tác dụng}}{\text{công suất biểu kiến}}$$

Chú thích: Hệ số biến dạng  $v$ :

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

### 3.18

#### Đơn nguyên kéo (traction unit)

Là thuật ngữ chung bao gồm đầu máy, toa xe khách có động cơ hoặc tàu nhiều đơn nguyên.

[Nguồn: TCVN 8095-811-02-04]

**3.19****Tàu (train)**

Là tập hợp các phương tiện đường sắt được ghép nối với nhau, gồm các đầu máy kéo - đẩy.

**3.20****Công suất tàu trên cần lấy điện (train power at the pantograph)**

Là công suất hiệu dụng của tàu có tính đến công suất đối với kéo, hãm tái sinh và các thiết bị phụ.

**3.21****Tuyến TSI (TSI line)**

Tuyến đường sắt tốc độ cao hoặc tuyến đường sắt truyền thống là một phần của mạng lưới đường sắt xuyên Châu Âu (TEN) đáp ứng các yêu cầu tương ứng trong Tiêu chuẩn Chỉ dẫn kỹ thuật về tính tương thích (TSI).

Chú thích: Mạng lưới đường sắt tốc độ cao gồm:

- Cấp I: Các tuyến đường sắt tốc độ cao xây dựng đặc biệt với vận tốc bằng hoặc lớn hơn 250 km/h;
- Cấp II: Các tuyến đường sắt tốc độ cao được nâng cấp đặc biệt với vận tốc đạt 200 km/h;
- Cấp III: Các tuyến đường sắt tốc độ cao được nâng cấp đặc biệt có các tính năng đặc biệt do các hạn chế về địa hình, cấu trúc hoặc quy hoạch đô thị mà tốc độ phải được điều chỉnh theo từng trường hợp.

Mạng lưới đường sắt truyền thống gồm:

- a) Cấp IV: Mạng lưới đường sắt chính xuyên châu Âu (TEN) mới:
  - 1) Vận chuyển hành khách và vận chuyển hỗn hợp: vận tốc lớn nhất 200 km/h;
  - 2) Vận chuyển hàng hóa: vận tốc lớn nhất 140 km/h;
- b) Cấp V: Tuyến đường sắt chính xuyên châu Âu được nâng cấp:
  - 1) Vận chuyển hành khách và vận chuyển hỗn hợp: vận tốc lớn nhất 160 km/h;
  - 2) Vận chuyển hàng hóa: vận tốc lớn nhất 100 km/h;
- c) Cấp VI: tuyến đường sắt xuyên Châu Âu mới khác:
  - 1) Vận chuyển hành khách và vận chuyển hỗn hợp: vận tốc lớn nhất 140 km/h;

## **TCVN 13339:2021**

- 2) Vận chuyển hàng hóa: vận tốc lớn nhất 100 km/h;
- d) Cấp VII: Tuyến đường sắt xuyên Châu Âu nâng cấp khác:
  - 1) Vận chuyển hành khách và vận chuyển hỗn hợp: vận tốc lớn nhất 120 km/h;
  - 2) Vận chuyển hàng hóa: vận tốc lớn nhất 100 km/h;

### **3.22**

#### **Loại tuyến (type of line)**

Việc phân loại các tuyến theo hàm của các tham số kỹ thuật được nêu trong 3.6, 3.8 và 3.20.

### **3.23**

#### **Phương tiện (vehicle)**

Là thuật ngữ chung thể hiện bất kỳ một loại phương tiện đường sắt độc lập nào, ví dụ như đầu máy, toa xe khách hoặc toa xe hàng.

[Nguồn: TCVN 8095-811-02-02]

## **4 Khoảng thời gian mà các tham số có thể được tính trung bình hoặc tích hợp**

Nếu các đơn vị vận hành tàu hoặc đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng sử dụng các tham số khác nhau đối với các phép tính, các biện pháp bảo vệ và lập kế hoạch của họ, thì các tham số này chỉ có hiệu quả nếu chúng được tính trung bình theo các khoảng thời gian được xác định chính xác. Hướng dẫn và khuyến nghị về các khoảng thời gian này được quy định trong Phụ lục A.

## **5 Khu đoạn cách ly**

### **5.1 Khu đoạn cách ly pha**

Tàu phải có khả năng di chuyển từ một khu đoạn của hệ thống điện xoay chiều đến một khu đoạn liền kề của cùng một hệ thống, thông qua một khu đoạn cách ly pha, mà không kết nối các pha khác nhau.

Công suất tiêu thụ điện năng của tàu (sức kéo, các thiết bị phụ và máy biến áp không tải) phải được đưa về 0 trước khi đi vào khu đoạn cách ly.

Đối với các tuyến TSI tốc độ cao, việc này phải thực hiện tự động.

Đối với các tuyến TSI đường sắt truyền thống và đối với các tuyến thông thường, nếu được yêu cầu từ đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng thì việc này phải thực hiện tự động. Nếu không được yêu cầu, ưu tiên vận hành tự động, nhưng cũng có thể sử dụng chế độ vận hành thủ công trên tàu.

Đối với những trường hợp cụ thể, yêu cầu phải hạ thấp cần lấy điện thì việc này phải được ghi lại trong sổ đăng ký của cơ sở hạ tầng.

Đối với các khu đoạn cách ly pha có chiều dài lớn hơn 8 m thì đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng phải quy định các biện pháp phù hợp để cho phép tàu khởi động lại khi đi dưới khu đoạn cách ly pha.

EN 50367 mô tả các đặc tính của một số thiết kế các khu đoạn cách ly pha.

Chú thích: Đối với các thiết kế khác của khu đoạn cách ly pha cho phép các tàu đi qua khu đoạn có điện (ví dụ: các khu đoạn được đóng cắt tự động hoặc thay đổi trên các "chuyển đoạn"), các yêu cầu trong khoản này có thể không áp dụng nếu chứng minh được độ tin cậy và tính tương thích với tất cả các tàu.

## **5.2 Khu đoạn cách ly hệ thống**

### **5.2.1 Yêu cầu chung**

Tàu phải có khả năng di chuyển từ một hệ thống cung cấp điện này sang một hệ thống cung cấp điện liền kề (cả hai hệ thống này nhận điện từ các nguồn khác nhau) mà không cần kết nối hai hệ thống đường dây tiếp xúc. Các tác động cần thiết (mở máy cắt chính, hạ thấp cần lấy điện, ...) phụ thuộc vào kiểu loại của cả hai hệ thống cung cấp điện cũng như việc bố trí cần lấy điện trên tàu và tốc độ chạy tàu.

Có hai khả năng xảy ra đối với các tàu vận hành qua các khu đoạn cách ly hệ thống:

- 1) Cần lấy điện được nâng lên và áp vào (các) dây tiếp xúc như được mô tả trong mục 5.2.2;
- 2) Cần lấy điện được hạ xuống và không chạm vào (các) dây tiếp xúc như được mô tả trong mục 5.2.3;

Đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng phải thực hiện lựa chọn giữa 1) và 2).

Các yêu cầu đối với thiết kế cơ sở hạ tầng và phương tiện đường sắt được mô tả trong các khoản sau.

### **5.2.2 Cần lấy điện nâng lên**

Nếu tàu đi qua các khu đoạn cách ly hệ thống với các cần lấy điện được nâng lên áp vào (các) dây tiếp xúc, áp dụng các điều kiện sau đây:

- Các biện pháp phòng vệ phải được quy định trên cơ sở hạ tầng để tránh kết nối các đường dây tiếp xúc của cả hai hệ thống cung cấp điện liền kề nếu việc mở các máy cắt trên tàu bị sự cố.

- Đối với các tuyến cấp I, II và III, trên tàu, thiết bị phải tự động mở máy cắt trước khi đến khu đoạn cách ly và phải tự động nhận biết điện áp của hệ thống cung cấp điện mới trên cần lấy điện để chuyển các mạch tương ứng.

## **TCVN 13339:2021**

- Đối với các tuyến cấp IV đến VII và các tuyến thông thường, các yêu cầu đối với các tuyến cấp I, II và III có thể được áp dụng.

### **5.2.3 Cản lấy điện hạ xuống**

Nếu tàu đi qua các khu đoạn cách ly hệ thống với các cản lấy điện được hạ xuống, áp dụng các điều kiện sau đây:

- Thiết kế khu đoạn cách ly giữa các hệ thống cung cấp điện khác nhau phải đảm bảo rằng trong trường hợp vô tình cản lấy điện áp vào đường dây tiếp xúc, thì phải tự động ngắt sự kết nối của đường dây tiếp xúc với hai hệ thống cung cấp điện và phải ngắt cả hai hệ thống cung cấp điện ngay tức thì, ví dụ như bằng cách phát hiện dòng ngắn mạch hoặc điện áp ngoài ý muốn.

- Đối với các tuyến cấp I, II và III, tại các khu đoạn cách ly hệ thống yêu cầu phải hạ cản lấy điện xuống, cản lấy điện phải được hạ xuống do tín hiệu điều khiển mà không cần tới sự can thiệp của lái tàu.

- Đối với các tuyến cấp IV đến VII và các tuyến thông thường, các yêu cầu đối với các tuyến cấp I, II và III có thể được áp dụng.

- EN 50367 mô tả thiết kế của các khu đoạn cách ly hệ thống cũng như các yêu cầu khác về chức năng của đường dây tiếp xúc trên cao và các cản lấy điện.

## **6 Hệ số công suất của tàu**

### **6.1 Yêu cầu chung**

Để tối ưu hóa hệ số công suất của tàu và từ đó nâng cao chất lượng hiệu năng của nguồn cung cấp điện, các yêu cầu từ các mục 6.2 đến 6.4 phải được áp dụng để thiết kế tàu.

Chú thích: Công suất điện dung hoặc công suất điện cảm từ tàu có thể được sử dụng để thay đổi điện áp đường dây tiếp xúc.

### **6.2 Hệ số công suất điện cảm**

Phần này chỉ đề cập đến hệ số công suất điện cảm và mức tiêu thụ điện năng trong dải điện áp từ  $U_{\min 1}$  đến  $U_{\max 1}$  theo quy định trong EN 50163.

Bảng 1 đưa ra các yêu cầu đối với tổng hệ số công suất điện cảm của tàu  $\lambda$ . Để tính toán  $\lambda$ , chỉ tính đến điện áp cơ bản trên cản lấy điện.

Bảng 1 - Tổng hệ số công suất điện cảm của tàu  $\lambda$ 

Công suất tàu tức thời P trên cần lấy điện (MW)	Tổng hệ số công suất điện cảm của tàu $\lambda$	
	Tuyến TSI HS cấp I và II <sup>a</sup>	Tuyến TSI cấp III; IV; V; VI; VII và tuyến thông thường
$P > 2$	$\geq 0,95$	$\geq 0,95$
$0 \leq P \leq 2$	b	b

Đối với kho bãi hoặc đề pô, hệ số công suất của sóng cơ bản phải bằng hoặc cao hơn 0,8 (xem chú thích 2 bên dưới) khi tàu chạy trên đường ngất công suất kéo còn tất cả các thiết phụ hoạt động với công suất lớn hơn 200 kW.

Chú thích 1: Tính toán giá trị trung bình  $\lambda$  - đối với một chuyến tàu, bao gồm các điểm dừng, được lấy từ công suất tác dụng  $W_p$  (MWh) và công suất phản kháng  $W_Q$  (Mvarh) nhận được từ mô phỏng trên máy tính một chuyến tàu hoặc được đo trên một chuyến tàu thực tế:

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

Chú thích 2: Các hệ số công suất cao hơn 0,8 sẽ mang lại chỉ số kinh tế tốt hơn do giảm các yêu cầu đối với thiết bị lắp đặt cố định.

<sup>a</sup> Áp dụng cho các tàu phù hợp với TSI HS phần "Phương tiện đường sắt".

<sup>b</sup> Để kiểm soát tổng hệ số công suất phụ tải của tàu trong các giai đoạn chạy đà, giá trị trung bình tổng thể  $\lambda$  (lực kéo và tải phụ) được xác định bằng mô phỏng và/hoặc đo phải cao hơn 0,85 với một hành trình theo thời gian biểu hoàn chỉnh (hành trình điển hình giữa hai ga bao gồm các điểm dừng thương mại).

Ở chế độ hãm tái sinh, hệ số công suất điện cảm có thể cho phép giảm tự do để duy trì điện áp trong các mức giới hạn.

Chú thích 1: Một kiểu trình bày khác của Bảng 1 dưới dạng đồ họa được quy định trong Phụ lục E.

Chú thích 2: Trên các tuyến từ cấp III đến cấp VII, đối với phương tiện đường sắt hiện có trước khi ban hành tiêu chuẩn này, đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng có thể áp đặt các điều kiện, ví dụ: kinh tế, vận hành, giới hạn công suất để chấp nhận các tàu có khả năng tương thích có các hệ số công suất dưới mức giá trị quy định trong Bảng 1.

### 6.3 Hệ số công suất điện dung

Ở chế độ kéo và ở trạng đứng yên, các yêu cầu đối với hệ số công suất điện dung để duy trì điện áp

## TCVN 13339:2021

trong các giới hạn là:

- Trong dải điện áp từ  $U_{min1}$  đến  $U_{max1}$  như được quy định trong EN 50163, các hệ số công suất điện dung không bị giới hạn;
- Trong dải điện áp từ  $U_{min2}$  đến  $U_{max2}$  như được quy định trong EN 50163, tàu không được hoạt động như tụ điện.

Ở chế độ hãm tái sinh, công suất điện dung, nếu có, phải được giới hạn ở mức 150 kvar trong dải điện áp từ  $U_{min2}$  đến  $U_{max2}$  như được quy định trong EN 50163.

Chú thích 1: Các hệ số công suất điện dung có thể gây ra quá áp và/hoặc hiệu ứng động học nên được xử lý theo Điều 10.

Chú thích 2: Hệ số công suất điện dung được quy định trong Phụ lục E.

### 6.4 Tiêu chí chấp nhận

Hệ số công suất có thể chấp nhận được nếu đạt được các giá trị trong Bảng 1 và các yêu cầu được quy định trong 6.3.

## 7 Giới hạn dòng điện của tàu

### 7.1 Dòng điện lớn nhất

Dữ liệu đặc trưng cho dòng điện lớn nhất cho phép trên mỗi tàu đối với toàn bộ mạng lưới đường sắt Châu Âu được quy định trong Phụ lục E.

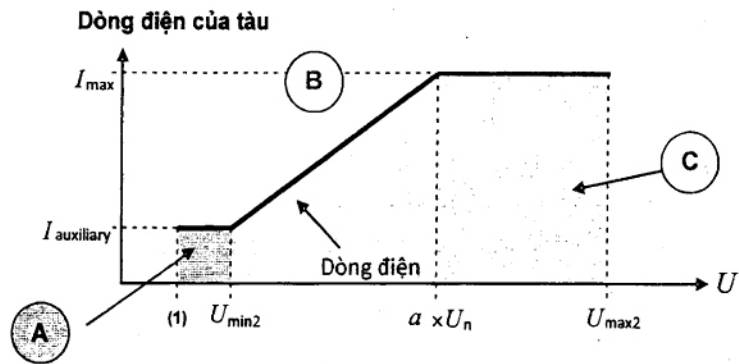
Chú thích: Không cần thiết phải thiết kế cơ sở hạ tầng theo các thông số lớn nhất này, ví dụ: cho phép 800 A đối với điện áp 25 kV.

### 7.2 Điều chỉnh tự động

Để tạo điều kiện thuận lợi cho việc vận hành ổn định trên các mạng lưới cấp điện yếu hoặc trong các điều kiện vận hành bất thường, tàu phải được trang bị một thiết bị tự động điều chỉnh mức tiêu thụ năng lượng lớn nhất tùy thuộc vào điện áp đường dây tiếp xúc trong điều kiện ổn định. Hình 1 thể hiện dòng điện lớn nhất cho phép của tàu theo hàm điện áp của đường dây tiếp xúc.

Hình 1 không áp dụng đối với chế độ hãm tái sinh.





- A** Không có lực kéo
- B** Mức dòng điện vượt quá
- C** Mức dòng điện cho phép

Trong đó:

$U$  Điện áp của đường dây tiếp xúc theo EN 50163.

$I_{max}$  Dòng điện lớn nhất mà tàu sử dụng ở điện áp định mức.

(1) Liên quan đến các giá trị cài đặt của rơ le hoặc bộ nhà điện áp giảm thấp, xem EN 50163: 2004, 4.1, Chú thích 2.

**Hình 1 - Dòng điện lớn nhất của tàu theo điện áp**

Giá trị của hệ số uốn  $a$  được quy định trong Bảng 2.

Chú thích: Mục đích của biểu đồ này không phải là để thiết kế công suất định mức của tàu.

**Bảng 2 - Giá trị hệ số  $a$**

Hệ thống cung cấp điện	Giá trị $a$
Điện xoay chiều 25 000 V, 50 Hz	0,9
Điện xoay chiều 15 000 V, 16,7 Hz	0,95
Điện một chiều 3 000 V	0,9
Điện một chiều 1 500 V	0,9

Điện một chiều 750 V	0,8
----------------------	-----

### 7.3 Thiết bị giới hạn công suất hoặc dòng điện

Để cho phép tàu hoạt động cả trong trường hợp đường dây cấp điện yếu và mạnh, cần phải trang bị trên phương tiện đường sắt các thiết bị lựa chọn dòng điện hoặc công suất để hạn chế công suất tiêu thụ điện của tàu phù hợp với công suất của đường dây cấp điện. Quy định này được áp dụng đối với tất cả các tuyến ngoại trừ các tuyến cấp I.

Đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng phải công bố giới hạn cần thiết của từng tuyến trong sổ đăng ký của cơ sở hạ tầng.

Chú thích: Việc cài đặt này có thể được thực hiện tự động.

### 7.4 Tiêu chí chấp nhận

Các hệ thống hoặc các thiết bị giới hạn dòng điện trên tàu có thể được chấp nhận nếu thỏa mãn các yêu cầu từ mục 7.1 đến mục 7.3.

## 8 Yêu cầu đối với hiệu năng của nguồn cung cấp điện

### 8.1 Yêu cầu chung

Tiến hành tính toán mật độ chạy tàu để đánh giá khả năng đạt được hiệu năng quy định của hệ thống cung cấp điện. Mục đích của việc tính toán như được nêu trong Phụ lục B, là để xác định các đặc tính của các thiết bị lắp đặt cố định.

Các thiết bị lắp đặt cố định này phải chịu được các điều kiện khắc nghiệt nhất, theo quy định trong thời gian biểu chạy tàu thiết kế, thỏa mãn:

- Khoảng thời gian hoạt động dày đặc nhất theo thời gian biểu, tương ứng với mật độ cao nhất;
- Các đặc tính của các loại tàu khác nhau, có tính đến các đơn nguyên kéo đã được chọn.

Chỉ số chất lượng  $U_{\text{mean useful}}$  được mô tả trong mục 8.2, được tính toán bằng mô phỏng và có thể được thẩm tra bằng các phép đo trên tàu với điều kiện khắc nghiệt.

Điện áp trên các cần lấy điện theo EN 50163 và  $U_{\text{mean useful}}$  có liên quan đến đánh giá này.

### 8.2 Mô tả

Điện áp hiệu dụng trung bình được tính toán bằng cách mô phỏng trên máy tính của một khu vực địa lý (khu vực đang xem xét) có tính đến tất cả các chuyến tàu dự kiến đi qua khu vực trong một khoảng thời gian thích hợp tương ứng với thời điểm có lưu lượng cao nhất trong bảng thời gian biểu chạy tàu.

Khoảng thời gian nhất định này phải đủ để tính cả phụ tải cao nhất trên mỗi khu đoạn có điện trong khu vực địa lý.

Phải xem xét đến các đặc tính về điện của cơ sở hạ tầng và từng loại tàu khác nhau trong mô phỏng.

Điện áp cơ bản trên cần lấy điện của mỗi tàu trong khu vực địa lý được phân tích ở từng bước thời gian mô phỏng. Đối với các hệ thống điện xoay chiều, sử dụng giá trị điện áp cơ bản hiệu dụng. Đối với hệ thống điện một chiều, sử dụng giá trị điện áp trung bình. Bước thời gian trong mô phỏng phải đủ ngắn để tính toán được tất cả các tình huống trong thời gian biểu chạy tàu.

Các giá trị điện áp từ mô phỏng được sử dụng để nghiên cứu:

a)  $U_{\text{mean useful}}$  (khu vực)

Đây là giá trị điện áp trung bình của tất cả các điện áp được phân tích trong mô phỏng và thể hiện chất lượng của nguồn cung cấp điện cho toàn bộ khu vực.

Tất cả các tàu trong khu vực địa lý, trong giai đoạn khảo sát ở thời điểm mật độ chạy tàu lớn nhất, đã có trong phân tích này liệu các tàu này đang ở chế độ kéo hay chế độ khác (đứng yên, kéo, hãm tái sinh, chạy đà) ở từng bước thời gian mô phỏng.

b)  $U_{\text{mean useful}}$  (tàu)

Đây là giá trị điện áp trung bình của tất cả các điện áp trong cùng một mô phỏng khi nghiên cứu về khu vực địa lý nhưng chỉ phân tích các giá trị điện áp cho mỗi tàu trong mô phỏng tại mỗi bước thời gian nếu tàu đang chịu tải kéo (bỏ qua các bước khi tàu đứng yên, hãm tái sinh, chạy đà).

Giá trị điện áp trung bình của các điện áp này giúp kiểm tra hiệu năng của từng tàu trong mô phỏng và kết quả là xác định được tàu đo, tức là tàu có khả năng tăng tốc bị hạn chế nhiều nhất do điện áp yếu.

### 8.3 Các giá trị $U_{\text{mean useful}}$ trên cần lấy điện

Các giá trị nhỏ nhất về điện áp hiệu dụng trung bình trên cần lấy điện trong các điều kiện vận hành bình thường phải tương ứng với các giá trị được quy định trong Bảng 3.

**Bảng 3 -  $U_{\text{mean useful}}$  nhỏ nhất trên cần lấy điện**

Hệ thống cung cấp điện	Điện áp hiệu dụng trung bình nhỏ nhất $U_{\text{mean useful}}$ trên cần lấy điện, V	
	Tuyến TSI HS cấp I, II, III	Tuyến TSI CR cấp IV, V, VI, VII và tuyến thông thường
	Khu vực và tàu	Khu vực và tàu
Điện xoay chiều 25 000 V, 50 Hz	22 500	22 000
Điện xoay chiều 15 000 V, 16,7 Hz	14 200	13 500
Điện một chiều 3 000 V	2 800	2 700
Điện một chiều 1 500 V	1 300	1 300
Điện một chiều 750 V	N.A.	675
Chú thích: N.A.: Không áp dụng		

**8.4 Mỗi quan hệ giữa  $U_{\text{mean useful}}$  và  $U_{\text{min1}}$** 

Nguồn cung cấp điện phải được thiết kế có điện sao cho các mô phỏng về  $U_{\text{mean useful}}$  trong các điều kiện vận hành bình thường không tạo ra các giá trị điện áp (giá trị hiệu dụng, giá trị trung bình) trên cần lấy điện của bất kỳ tàu nào thấp hơn giới hạn  $U_{\text{min1}}$  đối với mật độ chạy tàu tương ứng với loại tuyến liên quan (xem Điều 9).

**8.5 Tiêu chí chấp nhận**

Thiết kế hệ thống điện khí hóa phải đảm bảo khả năng cung cấp điện để đạt được hiệu năng quy định trong 8.3 và 8.4. Do đó, thiết kế phải được xem xét chấp nhận nếu thỏa mãn các yêu cầu tại 8.3 và 8.4.

**9 Loại tuyến và hệ thống điện khí hóa**

Đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng phải công bố các tham số sau của tuyến:

- Tốc độ tuyến;
- Dẫn cách nhỏ nhất;
- Công suất tàu lớn nhất.

Các hệ thống cung cấp điện đang được sử dụng tùy thuộc vào loại tuyến được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4 - Hệ thống điện khí hóa là một hàm của loại tuyến

Dài vận tốc, $v$ km/giờ	Tuyến TSI HS các cấp		Tuyến TSI CR các cấp và tuyến thông thường	
	I	II và III	IV, V, VI, VII	Thông thường
$300 \leq v$	Điện xoay chiều 25 000 V, 50 Hz; Điện xoay chiều 15 000 V, 16,7 Hz <sup>a</sup>	N.A.	N.A.	N.A.
$250 \leq v < 300$	Điện xoay chiều 25 000 V, 50 Hz; Điện xoay chiều 15 000 V, 16,7 Hz <sup>a</sup> ; Điện một chiều 3 000 V <sup>c</sup>	N.A.	N.A.	N.A.
$200 \leq v < 250$	N.A.	- Điện xoay chiều 25 000 V, 50 Hz - Điện xoay chiều 15 000 V, 16,7 Hz - Điện một chiều 3 000 V - Điện một chiều 1 500 V <sup>b</sup>	- Điện xoay chiều 25 000 V, 50 Hz - Điện xoay chiều 15 000 V, 16,7 Hz - Điện một chiều 3 000 V - Điện một chiều 1 500 V	- Điện xoay chiều 25 000 V, 50 Hz - Điện xoay chiều 15 000 V, 16,7 Hz - Điện một chiều 3 000 V - Điện một chiều 1 500 V
$v \leq 200$	N.A.	- Điện xoay chiều 25 000 V, 50 Hz - Điện xoay chiều 15 000 V, 16,7 Hz - Điện một chiều 3 000 V - Điện một chiều 1 500 V	- Điện xoay chiều 25 000 V, 50 Hz - Điện xoay chiều 15 000 V, 16,7 Hz - Điện một chiều 3 000 V - Điện một chiều 1 500 V	- Điện xoay chiều 25 000 V, 50 Hz - Điện xoay chiều 15 000 V, 16,7 Hz - Điện một chiều 3 000 V - Điện một chiều 1 500 V <sup>d</sup> - Điện một chiều 750 V <sup>e</sup>
Chú thích: N.A.: Không áp dụng				
<sup>a</sup> Xem phần Năng lượng quy định trong TSI HS phiên bản 2008, Bảng 4.2.2, (1). <sup>b</sup> Đối với FR. <sup>c</sup> Đối với BE, ES, IT và PL, xem phần Năng lượng quy định trong TSI HS phiên bản 2008, Bảng 4.2.2, (2). <sup>d</sup> Đối với DK, một chiều 1 500 V có cực tính đảo ngược. <sup>e</sup> Đối với GB.				

## 10 Sóng hài và hiệu ứng động học

### 10.1 Yêu cầu chung

## TCVN 13339:2021

Các đặc tính sóng hài của nguồn cung cấp điện và của phương tiện đường sắt trong hệ thống đường sắt quyết định đến việc tính toán xác định giá trị quá áp trong mạch cung cấp điện (đường dây tiếp xúc và mạch hồi lưu) và tính ổn định trong hệ thống này. Để đạt được tính tương thích hệ thống điện ở trạng thái ổn định và trạng thái động, quá áp sóng hài phải được giới hạn thấp hơn các giá trị tới hạn. Với các thiết bị bảo vệ đã được lắp đặt, quá áp gây ra sự gián đoạn hoạt động bình thường và nghiêm trọng hơn theo quan điểm vận hành từ khía cạnh an toàn và bảo mật. Phụ lục C đưa ra thông tin bổ sung về các hiện tượng này.

Các hiệu ứng vật lý sau đây gây ra quá áp.

### a) Quá áp do mất ổn định hệ thống:

Các phương tiện đường sắt hiện đại sử dụng cấp điện động lực bằng biến tần và các hệ thống cấp điện phụ cũng như các bộ biến đổi tần số tĩnh, thực chất là những thiết bị chủ động có khả năng biến đổi năng lượng từ phổ tần số này sang phổ tần số khác. Quá trình biến đổi của các thiết bị này chủ yếu được tính toán xác định bởi các bộ điều khiển biến tần cũng như các thành phần bị động.

Bộ điều khiển phải được điều chỉnh hoặc trạng thái trở kháng của các thành phần bị động (mạng lưới cung cấp điện, phương tiện) phải được tối ưu hóa sao cho trong mọi điều kiện vận hành đều dẫn tới trạng thái ổn định. Trong một hệ thống không ổn định, các giá trị vật lý như điện áp và dòng điện có xu hướng hướng tiến đến vô cùng và gây ra tình trạng ngắt mạch trong thực tế. Trong các hệ thống phi tuyến tính, chúng có thể (trạng thái ổn định) dao động liên tục ở một hoặc một số tần số.

Vấn đề về tính ổn định luôn liên quan đến vòng lặp phản hồi trong một hệ thống, đặc biệt thông qua một hoặc một vài bộ điều khiển của một hoặc một số hệ thống điện con. Không có nguồn kích rõ ràng cần thiết để tạo dao động. Điều này phải được phân biệt trong trường hợp b được mô tả dưới đây, nếu tồn tại cả nguồn kích và đường truyền/khuếch đại.

Thông thường các dao động do sự không ổn định gây ra nằm trong dải tần số lên tới khoảng 1 000 Hz là băng thông của các bộ điều khiển có liên quan.

Các dao động tần số thấp dưới và xung quanh tần số cung cấp điện là kết quả của các đặc tính phi tuyến tính của các hệ thống biến đổi hiện đại. Các trường hợp tần số không ổn định cao hơn có thể được nghiên cứu trong chế độ tuyến tính.

### b) Quá áp do sóng hài

Các bộ biến tần tĩnh cả bằng điều khiển góc pha cũng như chuyển mạch cưỡng bức được lắp đặt trên phương tiện đường sắt hoặc trong các hệ thống thiết bị cung cấp điện cố định, chúng tạo ra sóng hài dòng điện và điện áp mà có thể được biểu diễn dưới dạng giản lược bằng các dòng điện hoặc điện áp. Mỗi kiểu loại bộ biến đổi điện tạo ra một phổ dòng điện hoặc điện áp điển hình. Bộ biến đổi điện khi kết

hợp với các thành phần bị động như các máy biến áp và các bộ lọc, cho thấy trạng thái nguồn và nội trở kháng điển hình.

Tất cả các hệ thống cung cấp điện đều có cộng hưởng, do cộng hưởng của đường truyền và cáp, và một số cũng do các thành phần bộ lọc bị động. Điều này dẫn đến sự khuếch đại sóng hài được các bộ biến đổi điện đưa vào hệ thống cung cấp điện. Sự khuếch đại hoặc triệt tiêu một phần xảy ra cả ở vị trí của bộ biến đổi điện, do trở kháng đường dây nhận biết từ bộ biến đổi điện và giữa vị trí của bộ biến đổi điện và các vị trí khác trong mạng lưới. Việc này bao gồm hoạt động truyền tải của chính nguồn cung cấp điện.

Sự khuếch đại sóng hài có thể dẫn đến quá áp đáng kể, hoặc trên phương tiện hoặc tại một vị trí hoàn toàn khác trong mạng lưới điện.

Hệ thống nguồn cung cấp điện có các đỉnh cộng hưởng do các tham số phân tán của nó - điện cảm và điện dung trên một đơn vị chiều dài. Trạng thái cộng hưởng thay đổi do sự có mặt của các đơn nguyên kéo. Những đỉnh cộng hưởng này có thể tạo ra dòng điện và điện áp cộng hưởng cực lớn. Tỷ lệ giữa dòng điện lớn nhất và nhỏ nhất được ghi lại theo đường dây tiếp xúc ở tần số cộng hưởng cụ thể có thể vượt quá 100. Đối với các phương tiện có bộ biến đổi điện loại bốn góc phần tư, dòng điện sóng hài trên cần lấy điện của phương tiện có thể tăng khoảng 3 lần do hiện tượng cộng hưởng trong mạng lưới cung cấp điện.

c) Hiện tượng khác:

Các hiện tượng kỹ thuật khác, phải được xem xét về tính tương thích của hệ thống điện giữa nguồn cung cấp điện và phương tiện đường sắt:

- Nhiều nút giao nhau về không,
- Tình trạng tăng vọt điện áp và sụt áp, chuyển tiếp điện áp,
- Các thay đổi về pha của điện áp nguồn,
- Dao động tần số thấp,
- Dòng điện rò một chiều ở mạch ghép nối một chiều/xoay chiều.

Tính theo quan điểm nhiều, các ảnh hưởng sau đây có thể có liên quan:

- Trượt/lết bánh xe;
- Phụ tải phụ;
- Sự cố động học;

## **TCVN 13339:2021**

- Sóng hài từ bộ biến đổi điện phụ;
- Việc gom điện không tốt (từ thiết bị lấy điện), ví dụ: do băng hoặc tuyết;
- Gián đoạn nguồn cung cấp điện (ray tiếp xúc điện một chiều).

### **10.2 Quy trình chấp nhận đối với các tổng thành mới**

Khí đưa vào bất kỳ tổng thành mới nào đều phải thực hiện theo quy trình chấp nhận, được định nghĩa tại 3.9, bằng cách xem xét kỹ tính tương thích theo quy định tại 10.3.

Khả năng tương thích giữa các đơn nguyên kéo hiện có và nguồn cung cấp điện hiện có cùng với (các) tổng thành mới phải được kiểm tra dựa trên các hiện tượng được mô tả trong 10.1.

Các đơn vị hoặc các bên liên quan gồm:

- Chủ sở hữu cơ sở hạ tầng hoặc đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng hiện có,
- Đơn vị vận hành giao thông hiện có,
- Khách hàng/chủ sở hữu (các) đơn nguyên kéo mới hoặc trang thiết bị hạ tầng mới,
- Nhà sản xuất - đơn vị cung cấp (các) đơn nguyên kéo mới hoặc trang thiết bị hạ tầng mới.

Một chỉ dẫn kỹ thuật chung đối với phương tiện đường sắt hoặc nguồn cung cấp điện để tránh hiện tượng quá áp trong mọi tình huống có thể là cực đoan và có thể không thực hiện được. Do đó, quy trình như được mô tả trong 10.3 phải được áp dụng để kiểm tra tính tương thích (nghiên cứu tính tương thích).

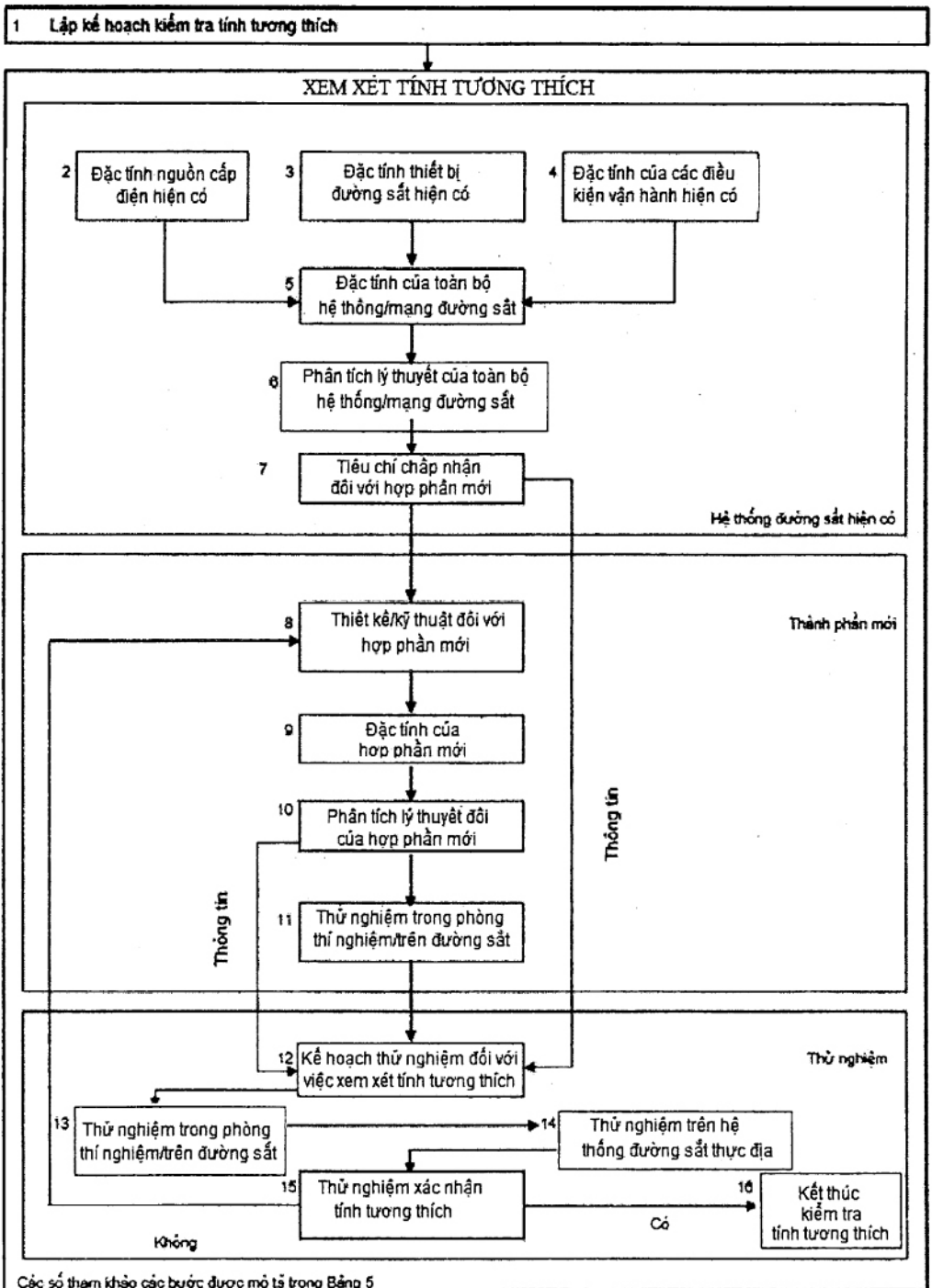
### **10.3 Nghiên cứu tính tương thích**

Nghiên cứu tính tương thích, hoặc trường hợp tương thích, là một quá trình chứng minh tính tương thích của tổng thành mới (phương tiện đường sắt mới hoặc các tổng thành mới của cơ sở hạ tầng) với các đơn nguyên kéo và mạng lưới cung cấp điện hiện có. Quá trình này được thể hiện trong Hình 2 và được giải thích trong Bảng 5.

Khối lượng công việc cần thực hiện tùy thuộc vào rủi ro có trong tổng thành mới theo các hiện tượng được mô tả trong 10.2. Nếu, dựa trên kinh nghiệm trước đó, việc tích hợp không có rủi ro, thì việc này phải được ghi lại trong bản kế hoạch, chỉ là bước quá trình trong trường hợp này.

Sơ đồ dòng chảy này áp dụng đối với cả phương tiện đường sắt và cả các tổng thành cung cấp điện lắp đặt cố định.





Hình 2 - Quy trình nghiên cứu tính tương thích của các hiệu ứng sóng hài và động học

Bảng 5 – Mô tả các bước

TT	Tiêu đề	Mô tả	Bên liên quan
1 <sup>a</sup>	Lập kế hoạch kiểm tra tính tương thích	Kế hoạch kiểm tra tính tương thích cụ thể khi đưa vào một tổng thành mới trong hệ thống đường sắt hiện có xác định ra phạm vi phân tích và các nhiệm vụ và trách nhiệm chính xác. Kế hoạch phải được thỏa thuận giữa tất cả các bên liên quan.  Tổ chức thực hiện thay đổi phải chịu trách nhiệm về việc nghiên cứu tính tương thích.	Tổ chức chịu trách nhiệm kiểm tra tính tương thích  Kế hoạch do các bên thỏa thuận được quy định trong 10.2
2	Đặc tính của nguồn cung cấp điện hiện có	Các đặc tính của hệ thống cung cấp điện hiện có, thông tin liên quan đến tính tương thích với các phương tiện (xem Bảng D.1 và Bảng D.2).  Bố trí cấp điện bình thường, bố trí cấp điện khẩn cấp.	Đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng
3	Đặc tính của phương tiện đường sắt hiện có	Các đặc tính của phương tiện đường sắt hiện có hoạt động trên mạng lưới, thông tin liên quan đến tính tương thích với thông tin hệ thống cung cấp điện (xem Bảng D.3 và Bảng D.4).	Đơn vị vận hành/chủ sở hữu phương tiện đường sắt
4	Đặc tính của điều kiện hoạt động hiện có	Thông tin về việc vận hành của hệ thống hiện có: số lượng tàu đang khai thác, bảng giờ tàu điển hình, bố trí cấp điện bình thường, bố trí cấp điện khẩn cấp.	Đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng
5	Đặc tính của tổng thể hệ thống / mạng lưới đường sắt	Đây là sự kết hợp của thông tin từ các bước 2, 3 và 4. Có thể cần phải xác định các trường hợp khác nhau.	Đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng
6	Phân tích lý thuyết tổng thể hệ thống / mạng lưới đường sắt	Điều tra các khía cạnh tương thích đối với các trường hợp khác nhau. Bước một: xác nhận tính tương thích của hệ thống hiện có. Bước hai: thử nghiệm tổng thành mới tiềm năng, kiểm tra các đặc tính cần thiết để duy trì tính tương thích của hệ thống.	Đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng
7	Tiêu chí chấp nhận đối với tổng thành mới	Kết quả từ việc nghiên cứu lý thuyết ở bước 6 là các tiêu chí chấp nhận cụ thể đối với tổng thành mới. Các tiêu chí chấp nhận cụ thể phải dễ hiểu và đo được khi thiết kế và thử nghiệm một tổng thành mới. Trong tương lai, các	Đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng

TT	Tiêu đề	Mô tả	Bên liên quan
		tiêu chí này phải được thiết lập cho tất cả các mạng lưới có cấu hình tương tự nhau.	
8	Thiết kế / Kỹ thuật của tổng thành mới	Thiết kế tổng thành mới, cũng xem xét các tiêu chí chấp nhận được quy định trong bước 7.	Đơn vị cung cấp tổng thành mới
9	Đặc tính của tổng thành mới	Tổng thành mới phải được mô hình hóa về tính tương thích với các phương tiện và các tổng thành của hệ thống cung cấp điện khác. Mô hình này sau khi thẩm định ở bước 15 phải cho phép sửa đổi đặc tính của đường sắt hiện có theo yêu cầu trong bước 2 và 3.	Đơn vị cung cấp tổng thành mới
10	Phân tích lý thuyết của tổng thành mới	Ở giai đoạn đầu của thiết kế, phải kiểm tra về mặt phân tích lý thuyết, ví dụ: sử dụng các mô hình máy tính, mà tổng thành mới có thể thỏa mãn các tiêu chí chấp nhận.	Đơn vị cung cấp tổng thành mới
11	Thử nghiệm trong phòng thí nghiệm / thử nghiệm trên đường	Khi thiết bị đầu tiên (phương tiện hoặc thiết bị cung cấp điện) được chế tạo, nó phải được thử nghiệm trong phòng thí nghiệm hoặc thử nghiệm trên đường để thẩm tra rằng thiết bị đó thỏa mãn các tiêu chí chấp nhận theo dự đoán trong phân tích lý thuyết ở bước 10. Tập hợp các phép thử này có thể là một phần của thử nghiệm kiểu loại của tổng thành mới.	Đơn vị cung cấp tổng thành mới
12 <sup>b</sup>	Kế hoạch thử nghiệm tính tương thích	Kế hoạch phải được lập để xác định ra các thử nghiệm cần thiết để xác nhận càng hợp lý càng tốt: 1) Rằng tổng thành mới thỏa mãn các tiêu chí chấp nhận; 2) Để đảm bảo rằng thử nghiệm phản ánh đúng thực tế. Các phép thử cũng phải chứng minh tính đúng đắn của các mô phỏng được thực hiện trong bước 10 và phải được giới hạn trong các trường hợp quan trọng.	Tổ chức chịu trách nhiệm nghiên cứu tính tương thích Được xác định trong bước 1
13 <sup>b</sup>	Thử nghiệm trong phòng thí nghiệm / thử nghiệm trên đường	Các phép thử phải được thực hiện trong phòng thí nghiệm hoặc thử nghiệm trên đường. Các phép thử này phải chứng minh rằng thỏa mãn các tiêu chí chấp nhận. Việc không thỏa mãn các tiêu chí chấp nhận có nghĩa là đơn vị cung cấp cần có những sửa đổi cần thiết đối với	Tổ chức chịu trách nhiệm nghiên cứu tính tương thích

TT	Tiêu đề	Mô tả	Bên liên quan
		<p>tổng thành mới.</p> <p>Loại thử nghiệm này là một phần của thử nghiệm kiểu loại tổng thành mới.</p> <p>Các phép thử cũng phải chứng minh tính đúng đắn của các mô phỏng được thực hiện trong bước 10 và phải được giới hạn trong các trường hợp quan trọng.</p>	
14	Thử nghiệm trên hệ thống đường ray thực tế	<p>Các phép thử trên hệ thống thực tế phải đảm bảo rằng các tiêu chí chấp nhận đủ để đảm bảo tính tương thích trong phạm vi hệ thống sau khi đưa vào các tổng thành mới. Nếu các phép thử này cho thấy có các vấn đề về tính tương thích mặc dù tổng thành mới tuân thủ các tiêu chí chấp nhận, điều này có nghĩa là tiêu chí chấp nhận là chưa đủ.</p> <p>Loại thử nghiệm này là một phần của thử nghiệm kiểu loại tổng thành mới.</p> <p>Các phép thử cũng phải chứng minh tính đúng đắn của các mô phỏng được thực hiện trong bước 10 và phải được giới hạn trong các trường hợp quan trọng.</p>	Tổ chức chịu trách nhiệm nghiên cứu tính tương thích
15	Thử nghiệm xác nhận tính tương thích	Nếu cả hai loại thử nghiệm đều thành công, thì tính tương thích của tổng thành mới với hệ thống hiện có đã được chứng minh. Điều này sẽ được ghi lại trong báo cáo về tính tương thích.	Tổ chức chịu trách nhiệm nghiên cứu tính tương thích
16 <sup>c</sup>	Kết thúc thử nghiệm tính tương thích	Với việc hoàn thành thành công nghiên cứu tính tương thích, tổng thành mới trở thành một phần của hệ thống đường sắt hiện có. Trách nhiệm về tính tương thích không còn thuộc về đơn vị cung cấp tổng thành mới nữa.	Cơ quan quản lý cơ sở hạ tầng
<p><sup>a</sup> Định nghĩa về "tổng thành mới" được nêu trong 3.9.</p> <p><sup>b</sup> Kế hoạch thử nghiệm sẽ xác định liệu có phải thực hiện cả hai bước 13 và 14 hay chỉ một bước.</p> <p><sup>c</sup> Được nhìn từ quan điểm về tính tương thích.</p>			

Kết quả là một bộ tài liệu mô tả phân tích lý thuyết và bằng chứng từ đo đạc chứng minh rằng các phương tiện và cơ sở hạ tầng tương thích về các dòng điện nhiều truyền tải điện và tính ổn định.

#### 10.4 Phương pháp và tiêu chí chấp nhận

Tiêu chí chấp nhận tổng thể đối với quá áp và tính ổn định là không có điện áp đỉnh cao hơn 30 000 V đối với các mạng lưới 15 000 V, 16,7 Hz và 50 000 V đối với các mạng lưới 25 000 V, 50 Hz sẽ xảy ra 30

trên đường dây tiếp xúc ở bất kỳ điểm nào của mạng lưới cung cấp điện với điện áp  $U$  được quy định trong EN 50163 thấp hoặc bằng  $U_{max2}$ . Giá trị này là giá trị lớn nhất của dạng sóng điện áp bị biến dạng.

Chú thích 1: Đối với hệ thống điện một chiều, không có bất kỳ hiện tượng đặc biệt nào về tính ổn định hệ thống. Do đó, các giá trị đánh giá, được đề xuất như sau:

Đối với 750 V sử dụng 1 300 V

Đối với 1 500 V sử dụng 2 600 V

Đối với 3 000 V sử dụng 5 100 V

Các giá trị này được lấy từ Bảng A.1 của TCVN 13338-2:2021.

Những tiêu chí chấp nhận tổng thể này có thể áp dụng trong mọi trường hợp.

Do các tiêu chí chấp nhận tổng thể chỉ có thể được áp dụng cho hệ thống cung cấp điện hoàn chỉnh bao gồm (các) tổng thành mới: sẽ có ích khi đưa ra các hướng dẫn thiết kế cho (các) tổng thành mới giúp giảm rủi ro hư hỏng trong nghiên cứu tính tương thích.

Chú thích 2: Các giá trị trên chỉ để xác định một tiêu chí nhằm tìm ra các vấn đề về tính tương thích. Các giá trị này không dùng để xác định quá áp sóng hài lớn nhất cho phép đối với hoạt động vĩnh viễn. Trong trường hợp phải hoạt động trong thời gian dài, các giá trị trong phạm vi trên dẫn đến suy giảm cách điện và/hoặc hư hỏng về nhiệt trong cơ sở hạ tầng và các tổng thành của phương tiện. Trong trường hợp phải hoạt động trong thời gian ngắn hạn, nhưng xảy ra thường xuyên thì các giá trị điện áp sẽ làm cho tuổi thọ của các tổng thành bị rút ngắn.

## **11 Phối hợp bảo vệ**

### **11.1 Yêu cầu chung**

Các hệ thống bảo vệ trên các đơn nguyên kéo và tại các trạm điện kéo phải tương thích.

### **11.2 Bảo vệ chống ngắn mạch**

Khả năng ngắt của máy cắt đối với một hệ thống điện khí hóa cụ thể sẽ xác định liệu các sự cố có thể được xử lý bằng máy cắt của đơn nguyên kéo hay không. Bảng 6 đưa ra cấp ngắn mạch lớn nhất giữa ray - đường dây tiếp xúc. Bảng 7 đưa ra hoạt động đối với các sự cố trong phạm vi đơn nguyên kéo.

Bảng 6 - Cấp ngắn mạch lớn nhất giữa ray - đường dây tiếp xúc

Hệ thống cung cấp điện	Trạm điện kéo thường được kết nối song song Y/N	Dòng điện sự cố lớn nhất có thể xảy ra kA
Điện xoay chiều 25 000 V, 50 Hz	N	15 <sup>a</sup>
Điện xoay chiều 15 000 V, 16,7 Hz	Y	40
Điện một chiều 3 000 V	Y	50 (bền vững về sau <sup>b</sup> )
Điện một chiều 1 500 V	Y	100 (bền vững về sau <sup>b</sup> )
Điện một chiều 750 V	Y	125 (bền vững về sau <sup>b</sup> )

<sup>a</sup> Trước đây thường chấp nhận giá trị 12 kA.  
<sup>b</sup> Xem định nghĩa trong EN 50123-1:2003, 3.2.12.  
<sup>c</sup> Đối với dòng điện lớn nhất, giả thiết ngắt bảo vệ ngay tức thì.

Chú thích:  
Y = Có;  
N = Không

Bảng 7 - Hành động trên các máy cắt khi có sự cố bên trong đơn nguyên kéo

Hệ thống cung cấp điện	Khi xảy ra bất kỳ sự cố khiếm khuyết bên trong các đơn nguyên kéo. Trình tự ngắt mạch dành cho:	
	Máy cắt của trạm	Máy cắt của đơn nguyên kéo
Điện xoay chiều 25 000 V, 50 Hz	Ngắt ngay tức thì <sup>a</sup>	Ngắt ngay tức thì
Điện xoay chiều 15 000V, 16,7 Hz	Ngắt ngay tức thì <sup>a</sup>	<u>Phần sơ cấp của máy biến áp:</u> Ngắt ngay lập tức <sup>b</sup> <u>Phần thứ cấp của máy biến áp:</u> Ngắt ngay tức thì
Một chiều 750V, 1500 V và 3000 V	Ngắt ngay tức thì <sup>c</sup>	Ngắt ngay tức thì

<sup>a</sup> Máy cắt phải ngắt mạch được rất nhanh đối với dòng điện ngắn mạch cường độ cao. Máy cắt của đơn nguyên kéo phải ngắt mạch được càng sớm càng tốt để tránh ngắt máy cắt của trạm điện kéo.  
<sup>a</sup> Nếu như khả năng ngắt của máy cắt cho phép thì việc ngắt mạch phải thực hiện ngay tức thì. Sau đó, máy cắt của đơn nguyên kéo phải ngắt mạch được càng sớm càng tốt để tránh ngắt máy cắt trạm điện kéo.  
<sup>a</sup> Khi cường độ dòng ngắn mạch rất cao, máy cắt của trạm điện kéo phải ngắt mạch rất nhanh, và

do đó ngăn ngừa được các sự cố của máy cắt trên đơn nguyên kéo.

Chú thích 1: Các đơn nguyên kéo mới và nâng cấp phải được trang bị máy cắt tốc độ cao có khả năng ngắt dòng ngắn mạch trong thời gian nhanh nhất có thể.

Chú thích 2: Ngắt mạch ngay tức thì có nghĩa là đối với máy cắt dòng điện cường độ cao hoặc máy cắt của trạm điện kéo hoặc máy cắt trên tàu phải hoạt động ngay tức thì không có sự chậm trễ. Nếu rơle sơ cấp không hoạt động, thì rơle thứ cấp (rơle bảo vệ dự phòng) phải hoạt động sau khoảng 300 ms. Như thông tin được dẫn ra dưới đây, từ giai đoạn đầu và đến giai đoạn hiện đại nhất, khoảng thời gian dòng ngắn mạch cao nhất được nhận biết từ máy cắt trạm điện kéo được quy định như sau:

- Đối với điện xoay chiều 15 000 V, 16,7 Hz                      Khoảng 100 ms;
- Đối với điện xoay chiều 25 000 V, 50 Hz                      Khoảng 80 ms;
- Đối với điện một chiều 750 V, 1 500 V và 3 000 V                      Khoảng từ 20 + 60 ms.

### 11.3 Tự động đóng lại một hoặc nhiều máy cắt trạm điện kéo và ảnh hưởng của việc mất điện áp lưới và cấp lại điện cho đơn nguyên kéo

#### 11.3.1 Yêu cầu chung

Hệ thống tự động đóng lại các máy cắt (nếu có) tại trạm điện kéo có khả năng cấp điện lại cho đường dây tiếp xúc. Trong trường hợp như vậy, các máy cắt trạm điện kéo phải không được đóng lại trước khi ngắt các máy cắt trên các đơn nguyên kéo trong khu vực được cấp điện bởi trạm điện kéo.

Các máy cắt đơn nguyên kéo phải tự động ngắt trong vòng 3 giây sau khi mất điện áp lưới.

Chú thích 1: Đối với các giá trị được đề xuất ngắt mạch trong trường hợp điện áp thấp, xem EN 50163: 2004, 4.1, chú thích 2.

Khi cấp điện lại, máy cắt của đơn nguyên kéo không được đóng lại trong vòng 3 giây sau khi cấp điện lại.

Chú thích 2: Thời gian khi cấp điện lại cho phép đối với thử nghiệm trên đường dây đối với tình trạng ngắn mạch thường xuyên.

Chú thích 3: Để tránh dòng khởi động có cường độ cao tại trạm điện kéo do đồng thời tự động đóng lại mạch của các máy cắt trên đơn nguyên kéo cùng kiểu loại, cần thiết lắp đặt trên tàu một hệ thống cho phép trì hoãn thời gian ngẫu nhiên tự động đóng lại mạch trong khoảng hàng trăm ms.

#### 11.3.2 Tự động đóng lại mạch sau khi xảy ra ngắn mạch dọc theo đường dây tiếp xúc

Tính năng tự động đóng lại của các máy cắt được sử dụng để cấp điện lại cho đường dây tiếp xúc và để khoanh vùng đoạn có sự cố trên tuyến.

## TCVN 13339:2021

Tính năng tự động đóng lại được sử dụng trực tiếp hoặc bằng cách kiểm tra thông qua bộ biến trở (hoặc thiết bị điện tử). Trình tự áp dụng như sau:

a) Tự động đóng lại thông qua kiểm tra đường dây tiếp xúc:

1) Ngắt máy cắt của đường dây tiếp xúc;

2) Chờ tất cả các phương tiện đường sắt trên khu đoạn tuyến mở máy cắt trên tàu, việc này phải được thực hiện trong vòng 3 giây sau khi ngắt máy cắt của đường dây tiếp xúc;

3) 5 giây sau khi ngắt máy cắt của đường dây tiếp xúc, kiểm tra đường dây bằng cách kiểm tra thông qua bộ biến trở (hoặc thiết bị điện tử);

4) Trong trường hợp việc phục hồi điện áp theo các giới hạn trong EN 50163, việc đóng lại các máy cắt chính phải được trì hoãn thêm 5 giây nữa (quy định vận hành đối với lái tàu) để đảm bảo các máy cắt của đường dây làm việc chính xác.

b) Tự động đóng lại trực tiếp:

1) Ngắt máy cắt của đường dây tiếp xúc;

2) Chờ tất cả các phương tiện đường sắt trên khu đoạn tuyến mở máy cắt trên tàu, việc này phải được thực hiện trong vòng 3 giây sau khi ngắt máy cắt của đường dây tiếp xúc;

3) Tối thiểu 5 giây sau khi đóng trở lại máy cắt của đường dây tiếp xúc (phù hợp với các chu trình làm việc được quy định trong EN 50123 đối với điện một chiều.

4) Đóng trở lại các máy cắt chính của phương tiện đường sắt khi đường dây tiếp xúc được cấp điện.

Nếu phương tiện đường sắt được vận hành theo cả hai nguyên tắc bảo vệ, thì việc đóng trở lại máy cắt chính (bước 4 ở trên) phải giống như đối với "đóng trở lại với thử nghiệm đường dây", tức là có độ trễ.

Nếu được trang bị, hệ thống thử nghiệm trên đường dây phải tự thực hiện thử nghiệm trong vòng 3 giây.

### 11.4 Hệ thống điện khí hóa một chiều, dòng quá độ khi đóng mạch

Quy định này chỉ áp dụng đối với đơn nguyên kéo sử dụng điện một chiều có trang bị bộ lọc đầu vào và không có thiết bị nạp trước.

Khi máy cắt của đơn nguyên kéo đóng mạch bằng bộ lọc đầu vào (nếu được trang bị), dòng điện quá



độ không được gây ra các tác động làm cho các thiết bị bảo vệ trong trạm điện kéo ngắt không đúng quy định. Thông tin cần thiết dùng để thiết kế các bộ lọc trang bị trên phương tiện phải nhận được từ các đơn vị quản lý hạ tầng liên quan.

Ví phân di/dt của dòng điện quá độ khi máy cắt của đơn nguyên kéo đóng phải thỏa mãn các yêu cầu sau với độ tự cảm của đường dây tiếp xúc và trạm điện kéo tối thiểu là 2 mH.

Không phụ thuộc vào giá trị di/dt khi máy cắt của đơn nguyên kéo đóng, di/dt phải đạt giá trị nhỏ hơn 20 A/ms trong vòng 20 ms sau khoảng thời gian di/dt đạt 60 A/ms.

### 11.5 Tiêu chí chấp nhận

Các đơn nguyên kéo phải được thiết kế phù hợp với các yêu cầu quy định tại Bảng 6 và 7 và tại 11.3 và 11.4 (đối với điện một chiều).

Hệ thống cung cấp điện phải thỏa mãn các yêu cầu quy định trong 11.3.

## 12 Hãm tái sinh

### 12.1 Yêu cầu chung khi sử dụng hãm tái sinh

#### 12.1.1 Yêu cầu đối với đơn nguyên kéo

Tàu phải không cấp điện liên tục từ hãm tái sinh lên đường dây tiếp xúc nếu:

Xảy ra mất điện áp nguồn cung cấp hoặc ngắn mạch nối đất/ray - đường dây tiếp xúc trên cùng một khu đoạn được cấp điện bởi trạm điện kéo trong các điều kiện được mô tả trong 11.4;

Điện áp đường dây cao hơn  $U_{max2}$  (xem EN 50163:2004, 4.1);

Đường dây tiếp xúc không thể tiêu thụ được điện năng từ hãm tái sinh.

Nếu không tiêu thụ được điện năng từ hãm tái sinh bởi các nguồn tiêu thụ khác thì phương tiện đường sắt phải chuyển sang sử dụng các hệ thống hãm khác.

#### 12.1.2 Yêu cầu đối với hệ thống cung cấp điện

Đối với tuyến dùng điện xoay chiều, hệ thống cung cấp điện phải được thiết kế để tiếp nhận được điện năng từ hãm tái sinh của phương tiện đường sắt.

Đối với tuyến dùng điện một chiều, hệ thống cung cấp điện có thể được thiết kế để tiếp nhận điện năng từ hãm tái sinh của các tàu. Khi điện từ hãm tái sinh không thể được tiêu thụ bởi các nguồn tiêu thụ khác của đường sắt thì đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng có thể yêu cầu tổ chức cung cấp điện tiếp nhận điện từ hãm tái sinh vào mạng lưới cung cấp điện chung hoặc đưa sang bất kỳ hệ thống nào khác có

**TCVN 13339:2021**

khả năng tiêu thụ điện năng.

Nếu không cho phép thực hiện hãm tái sinh thì phải ghi lại vào sổ đăng ký của cơ sở hạ tầng.

## **12.2 Sử dụng hãm tái sinh**

Trong Bảng 8 là chế độ hãm tái sinh hiện đang được các đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng cho phép sử dụng trên mạng lưới đường sắt Châu Âu.

Bảng 8 - Sử dụng hàm tải sinh

Hệ thống cung cấp điện	Tuyến TSI HS các cấp		Tuyến TSI CR cấp IV, V, VI, VII và tuyến truyền thống																									
	I	II và III	Hệ thống tương lai	AT	BE	CH	CZ	DE	DK	ES	FI	FR	GB	GR	HU	IE	IS	IT	LU	MT	NL	NO	PL	PT	SE	SI	SK	
xoay chiều 25 000 V, 50 Hz	C	C	C	/	C	/	K	/	C	C	C	C <sub>a</sub>	C <sub>a</sub>	C	?	/	/	/	C	/	C	/	/	/	/	/	/	/
xoay chiều 15 000 V, 16,7 Hz	C	C	C	C <sub>a</sub>	/	C	/	C	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	C <sub>a</sub>	/	/	/	C	/	C
một chiều 3 000 V <sup>a</sup>	b	b	C	/	C	/	K	/	/	C	/	/	/	/	/	/	/	/	C	/	/	/	b	/	/	/	C	K
một chiều 1 500 V <sup>a</sup>	/	b	C	/	/	/	K	/	C	/	/	C	/	/	/	C	/	/	/	/	/	C	/	?	/	/	/	C
một chiều 750 V <sup>a</sup>	/	N.A.	C	/	/	/	/	/	/	/	/	/	C	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Chú thích:  
C: có  
K: Không  
N.A.: Không áp dụng

a Giá trị của năng lượng tải sinh ở một số nơi bị hạn chế do hệ thống lắp đặt cũ.

b Trong hệ thống điện một chiều, theo yêu cầu của đơn vị vận hành tàu, đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng có thể quyết định chấp nhận hàm tải sinh.

**12.3 Tiêu chí chấp nhận**

Các đơn nguyên kéo phải thỏa mãn các yêu cầu tại 12.1.1.

**13 Ảnh hưởng của vận hành thiết bị điện một chiều trên hệ thống điện xoay chiều**

Trên các tuyến đường sắt dùng điện một chiều chạy song song với các tuyến đường sắt dùng điện xoay chiều và tại các khu đoạn cách ly hệ thống, có khả năng dòng điện một chiều chạy qua đường dây tiếp xúc của hệ thống điện xoay chiều. Điều này có thể dẫn đến dòng điện một chiều chạy qua các máy biến áp kết nối với các đường dây tiếp xúc điện xoay chiều, cả của các đơn nguyên kéo và cả của hệ thống cung cấp điện kéo.

Có dòng điện một chiều chạy trong các thiết bị điện xoay chiều chủ yếu là do các dòng điện vận hành và do cách điện của ray với đất trong mạch hồi lưu hệ thống điện một chiều. Để giới hạn các dòng điện một chiều trong các thiết bị điện xoay chiều đến giá trị có thể chấp nhận, phải thỏa mãn các yêu cầu quy định trong EN 50122-2:2010, từ Điều 5 đến Điều 9 và trong TCVN 13337-3:2021, tại 8.3.2 và 8.4.

Chú thích 1: Một dòng điện một chiều có cường độ 1 A trong máy biến áp của đơn nguyên kéo điện xoay chiều cho thấy không có ảnh hưởng xấu đến hiệu năng của phương tiện.

Chú thích 2: Trong điều kiện đóng băng, hồ quang điện giữa dây tiếp xúc và cần lấy điện có thể gây ra một thành phần điện một chiều trong các dòng điện kéo. Các phép đo đã chỉ ra rằng dòng điện một chiều trong một thời gian ngắn có thể đi qua phần sơ cấp máy biến áp kéo của đầu máy hoặc đơn nguyên kéo trong phạm vi từ 0 A đến 20 A. Không có ảnh hưởng bất lợi đến hiệu năng của phương tiện.

Chú thích 3: Các thành phần điện một chiều có thể ngắt bảo vệ tàu do dòng điện từ hóa.

Các giá trị được đề cập ở trên trong phần chú thích chỉ mang tính tham khảo và không chịu sự đánh giá.

**14 Các phép thử**

Các phép thử được đưa ra trong Bảng 9 có thể áp dụng.

**Bảng 9 - Các phép thử**

Tiêu đề	Tham chiếu yêu cầu kỹ thuật	Đơn nguyên kéo	Các thiết bị lắp đặt cố định	Tham chiếu phương pháp thử nghiệm
Khu đoạn cách ly	5	X	X	15.1
Hệ số công suất của tàu	6 (Bảng 1)	X		15.2

Tiêu đề	Tham chiếu yêu cầu kỹ thuật	Đơn nguyên kéo	Các thiết bị lắp đặt cố định	Tham chiếu phương pháp thử nghiệm
Giới hạn dòng điện của tàu	7	X		15.3
Chỉ số chất lượng của nguồn cung cấp điện	8		X	15.4
Hiệu ứng sóng hài và động học	10	X	X	15.5
Phối hợp bảo vệ	11	X	X	15.6
Hãm tái sinh	12	X	X	15.7

## 15 Phương pháp thử nghiệm

### 15.1 Khu đoạn cách ly

#### 15.1.1 Các phép thử đối với đơn nguyên kéo

Đánh giá thiết kế: Việc tuân thủ các trình tự được nêu tại 5.1 và 5.2 phải được chứng minh bằng cách kiểm tra sơ đồ lệnh điều khiển của đơn nguyên kéo ở giai đoạn thiết kế.

Thử nghiệm xuất xưởng: Các phép thử phải được tiến hành trên tuyến do phía đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng trang bị để cấp tín hiệu điều khiển đến đơn nguyên kéo phải được thực hiện để chứng minh việc tuân thủ các trình tự được mô tả trong 5.1 và 5.2.

#### 15.1.2 Các phép thử đối với cơ sở hạ tầng

Ở giai đoạn thiết kế, việc tuân thủ các yêu cầu về chức năng được mô tả trong 5.1 và 5.2 phải được chứng minh bằng cách kiểm tra các sơ đồ điện, ở mức điện áp kéo và cấp lệnh điều khiển.

### 15.2 Hệ số công suất

Thử nghiệm kiểu loại đối với đơn nguyên kéo: Ở giai đoạn thẩm định đơn nguyên kéo, các phép đo trực tiếp trên tuyến được thực hiện tại bất kỳ điểm nào của lần thử kéo theo đường cong lực kéo phụ thuộc vào tốc độ. Công suất tiêu thụ, kể cả thiết bị phụ, các chế độ kéo hoặc chế độ hãm phải được ghi lại. Cần có đủ dữ liệu để thẩm tra Bảng 1.

Các giá trị của hệ số công suất phải được kiểm tra trên tàu với trợ giúp của hệ thống cấp điện, không giới hạn hiệu năng của tàu. Các kết quả đo phải được thực hiện theo quy định tại 6.2 và 6.3.

### 15.3 Giới hạn dòng điện của tàu

Thử nghiệm kiểu loại đối với đơn nguyên kéo: Các phép thử hoặc kiểm tra phải được thực hiện:

- Ở giai đoạn thiết kế, bằng cách kiểm tra các chức năng của lệnh điều khiển của đơn nguyên kéo và
- Ở giai đoạn thẩm định, bằng các phép đo trực tiếp. Trường hợp cần thiết, có thể kích hoạt ngắt điện các trạm điện kéo để đạt được điện áp đường dây tiếp xúc thấp.

Kết quả đo trực tiếp trên tuyến phải thỏa mãn các yêu cầu nêu trong 7.2 và 7.3.

**15.4 Chỉ số chất lượng của nguồn cung cấp điện**

**Bảng 10 -  $U_{mean\ useful}$  (khu vực)**

Làm gì	Khi nào	Như thế nào	Điều kiện chấp nhận
<b>Mô phỏng</b> Trên một khu vực xác định của hệ thống cung cấp điện.	Sau mỗi lần mô phỏng.	Sử dụng các kết quả mô phỏng các tàu trong khu vực được khảo sát và tính toán theo quy định tại 8.2.	Các giá trị này lớn hơn các giá trị được đưa ra trong cột tương ứng "Khu vực và tàu" của Bảng 3.

**Bảng 11 -  $U_{mean\ useful}$  (tàu)**

Làm gì	Khi nào	Như thế nào	Điều kiện chấp nhận
<b>Mô phỏng</b> Đối với một tàu xác định theo thời gian biểu mô phỏng - chủ yếu là tàu đo.	Sau mỗi lần mô phỏng.	Sử dụng các kết quả mô phỏng tính toán tàu theo quy định tại 8.2.	Các giá trị này lớn hơn các giá trị được đưa ra trong cột tương ứng "Khu vực và tàu" của Bảng 3.
<b>Đo đột xuất</b> Thiết bị động lực trên tàu. Phép đo này được thực hiện trong tình trạng giao thông như được liệt kê trong Điều 9. Phép đo này phải được thực hiện trên tàu đo hoặc có các	Phản hồi lại các vấn đề hoặc cho mục đích thẩm định.	- Thiết bị ghi điện áp đối với tần số cơ bản hoặc - Bộ ghi dữ liệu kỹ thuật số với dải tần số lớn hơn/bằng 2 kHz. Tính trung bình trên 1 giây - Khoảng thời gian đo: khoảng thời gian kéo của tàu - Tính toán theo công thức dưới đây.  Từ dữ liệu ghi, các giá trị hoặc	Giá trị của $U_m$ lớn hơn các giá trị được đưa ra trong cột tương ứng "Khu vực và tàu" của Bảng 3 và thẩm tra rằng các giá trị được ghi lại (giá trị trung bình hoặc giá trị hiệu dụng) của điện áp trên cần lấy điện không thấp hơn $U_{min1}$ .

<p>điều kiện cực đoan trên để mô phỏng quá trình khai thác.</p> <p>Một số phép đo nên được thực hiện trên cùng một tàu để thẩm tra các kết quả và hiệu lực của chúng.</p> <p>- Càng sớm càng tốt, thời gian biểu tham chiếu là thời gian được sử dụng trong mô phỏng. Nếu không, một mô phỏng mới với bảng thời gian biểu thực tế phải được thực hiện.</p> <p>Chú thích: Các phép đo này có thể được thực hiện hàng ngày.</p>		<p>đường cong sau phải được tính toán.</p> <p>a) Đường cong của điện áp theo thời gian</p> <p>b) Giá trị trung bình <math>U_m</math> tính theo công thức:</p> $U_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_i$ <p>Trong đó:</p> <p>N là số bước thời gian đo trong các khoảng thời gian kéo.</p> <p>Công thức này chỉ được sử dụng đối với khoảng thời gian kéo.</p>	
---	--	--	--

Bảng 12: Mối quan hệ giữa  $U_{\text{mean useful}}$  và  $U_{\text{min1}}$ 

Làm gì	Khi nào	Như thế nào	Điều kiện chấp nhận
<b>Mô phỏng</b>	Sau mỗi lần mô phỏng.	Sử dụng các kết quả mô phỏng các tàu trong khu vực được khảo sát, thử nghiệm chỉ được thực hiện nếu $U_{\text{mean useful}}$ trên cần lấy điện cao hơn các giá trị được quy định trong 8.3.	Kiểm tra điện áp trên cần lấy điện của mỗi tàu không được thấp hơn $U_{\text{min1}}$ như được quy định trong 8.4.

### 15.5 Hiệu ứng sóng hài và động học

Tất cả các thông tin cần thiết để đánh giá hiệu ứng sóng hài và động học được quy định trong 10.3 và 10.4.

Các phép thử phải chứng minh tính chuẩn xác của các mô phỏng được thực hiện trong bước 10 và

## **TCVN 13339:2021**

được giới hạn trong các trường hợp cực đoan.

Hệ thống thiết bị kiểm tra đo lường sử dụng để ghi giá trị đỉnh biến dạng tín hiệu điện áp phải có dải tần thích hợp. Các giá trị hiệu dụng của điện áp tần số công nghiệp cũng phải được ghi lại theo giá trị đỉnh của biến dạng sóng điện áp.

### **15.6 Phối hợp bảo vệ**

#### **15.6.1 Bảo vệ chống ngắn mạch và tác động trên máy cắt**

Trình tự logic kích hoạt ngắt mạch máy cắt đơn nguyên kéo phải được thẩm tra:

- Ở giai đoạn thiết kế bằng cách kiểm tra sơ đồ điện chức năng của đơn nguyên kéo;
- Khi phản hồi lại các sự cố hoặc để thẩm định khi nào thì đơn nguyên kéo sẽ vận hành, bằng cách tiến hành thử nghiệm ngắn mạch trên tàu và kiểm tra xem các mắt cắt khác có ngắt mạch đúng theo trình tự phù hợp với Bảng 7.

#### **15.6.2 Hệ thống đóng mạch tự động tại trạm điện kéo**

Thử nghiệm trên bất kỳ trạm điện kéo mới nào: Trong quá trình thử nghiệm khi đưa vào vận hành, các yêu cầu được quy định tại 11.3 phải được thẩm tra.

Nếu có, hệ thống thử nghiệm đường dây phải thực hiện trình tự các thử nghiệm trong khoảng thời gian 3 giây.

#### **15.6.3 Mất điện áp đường dây và ảnh hưởng đến các đơn nguyên kéo**

Thử nghiệm kiểu loại: Ở giai đoạn thiết kế của một đơn nguyên kéo, các yêu cầu được quy định tại 11.3 phải được thẩm tra bằng cách kiểm tra các sơ đồ điện.

Thử nghiệm xuất xưởng: Các phép thử trực tiếp phải chứng minh sự phù hợp với các yêu cầu được quy định tại 11.3.

#### **15.6.4 Đơn nguyên kéo một chiều, dòng điện quá độ trong quá trình đóng mạch**

Thử nghiệm kiểu loại đối với đơn nguyên kéo: Ở giai đoạn thiết kế, các yêu cầu quy định trong 11.4 phải được thẩm tra bằng cách kiểm tra thiết kế điện của đơn nguyên kéo.

Ở giai đoạn thử nghiệm trực tiếp trên tuyến có độ tự cảm tối thiểu của đường dây tiếp xúc và trạm điện kéo là 2 mH, đơn nguyên kéo phải thực hiện các phép thử theo trình tự sau:

- 1) Kiểm tra xem bộ lọc trên tàu được xả chưa;



2) Đóng máy cắt chính và ghi lại dạng sóng dòng điện của máy cắt chính.

Các đặc tính của dòng điện xông này phải phù hợp với các giá trị được quy định tại 11.4.

## 15.7 Hãm tái sinh

### 15.7.1 Đơn nguyên kéo

Thử nghiệm kiểu loại: Ở giai đoạn thiết kế, phải tuân thủ các yêu cầu được quy định tại 12.1.1 về lệnh điều khiển của đơn nguyên kéo.

Thử nghiệm xuất xưởng: Trước khi đưa vào khai thác, phải kiểm tra việc tuân thủ các yêu cầu được quy định tại 12.1.1.

Do đó, trong khi thử nghiệm trên tuyến, các thiết bị cấp điện lắp đặt cố định phải được cấp điện hoặc ngắt điện từ trạm điện kéo.

Các phép thử trên tuyến phải chứng minh được ở chế độ hãm của đơn nguyên kéo, giá trị của  $U_{max2}$  trên cần lấy điện không được vượt quá giá trị quy định.

### 15.7.2 Trạm điện kéo

Các thiết bị lắp đặt cố định của trạm điện kéo, ví dụ như thiết bị điều khiển và bảo vệ, phải truyền điện năng ngược trở lại vào mạng lưới cung cấp điện hoặc bằng bất kỳ phương pháp nào khác để tăng khả năng tiếp nhận của tuyến. Việc này cần được đánh giá bằng cách phân tích các sơ đồ kết nối.

Nếu cần, phải tiến hành các thử nghiệm kết hợp để kiểm tra tính khả năng làm việc chính xác của hệ thống bảo vệ trạm điện kéo khi đơn nguyên kéo thực hiện hãm tái sinh trên tuyến.

**Phụ lục A**

(Tham khảo)

**Các khoảng thời gian tích hợp để tính giá trị trung bình của các tham số****A.1 Yêu cầu chung**

Đơn vị vận hành tàu hoặc đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng sử dụng các tham số đối với:

- Tính toán các đại lượng,
- Các biện pháp bảo vệ,
- Lập kế hoạch,
- ...

Chúng chỉ hiệu quả nếu chúng được tính trung bình theo các khoảng thời gian được xác định chính xác. Vấn đề nêu trong điều này là xác định các khoảng thời gian mà trong đó các tham số này nên được tham khảo với mục đích đạt được sự so sánh đơn giản các tham số này đối với các khu đoạn khác nhau của cùng một tuyến đường sắt hoặc của các tuyến đường sắt khác nhau. Các khoảng thời gian tham chiếu được quy định tại Bảng A.1.

**A.2 Khoảng thời gian tham chiếu mà các giá trị có thể được tính trung bình hoặc tích hợp****Bảng A.1 - Các giai đoạn tích hợp**

Chức năng	Khoảng thời gian	Nhận xét
Bảo vệ	< 100 ms đến 300 ms đối với điện xoay chiều < 30 ms đến 100 ms đối với điện một chiều	Loại bỏ các sự cố ngắn mạch tùy thuộc vào cường độ dòng ngắn mạch.
Bảo vệ dự phòng	200 ms đến 3 s	Loại bỏ sự cố bảo vệ dự phòng.
Dòng phụ tải lớn nhất	1 s đến 5 s	Tại các điểm cấp điện và đối với các đường dây tiếp xúc riêng biệt. Áp dụng cho mô phỏng trên máy tính, ảnh hưởng đến sơ đồ cấp điện và đánh giá bảo vệ dự phòng.
	1 min	Dòng điện trung bình hiệu dụng để tính quá tải

Chức năng	Khoảng thời gian	Nhận xét
		nhệt trên thiết bị.
Quá tải nhiệt	30 s đến 20 min Giá trị ưu tiên 10 min	Dòng điện trung bình hiệu dụng để tính toán tải quá nhiệt trên thiết bị.
Khoảng thời gian tính năng lượng	10 min, 15 min hoặc 30 min	Dòng điện hoặc công suất trung bình để xác định nhu cầu tiêu thụ với cơ quan cung cấp điện.
Tải lâu dài	1 h, 2 h	Tham số cơ bản để xác định phụ tải đường sắt dài hạn.
Mức tiêu thụ năng lượng	1 ngày, 1 tuần, 1 tháng, 1 năm	Mức tiêu thụ năng lượng trung bình, được các đơn vị cung cấp điện sử dụng để xem xét (ví dụ) nhu cầu năng lượng của đường sắt hoặc khi mua điện.

## Phụ lục B

(Tham khảo)

### Tiêu chí lựa chọn xác định điện áp trên cần lấy điện

Mục đích của việc xem xét đo đạc là để xác định các đặc tính của các thiết bị lắp đặt cố định.

Các thiết bị lắp đặt cố định này cần phải đáp ứng được các điều kiện cực đoan nhất quy định trong biểu đồ chạy tàu, bằng cách sau:

Thời gian có mật độ vận hành cao nhất theo thời gian biểu, tương ứng với mật độ trong giờ cao điểm;

Các đặc tính của các loại tàu khác nhau, có tính đến các đơn nguyên kéo đã được chọn.

Thiết kế các thiết bị lắp đặt cố định đối với cung cấp điện kéo có thể thực hiện được bằng cách mô phỏng thời gian biểu chạy tàu khắc nghiệt nhất có tính đến năng lượng tiêu thụ bởi mỗi đoàn tàu trong mỗi khoảng thời gian. Ngoài việc đo các thông số của thiết bị (máy biến áp, đường dây tiếp xúc, máy biến áp tự ngẫu, ví dụ 2 x 25 kV, và bộ biến điện một chiều) và khả năng tương thích với các hiệu năng cho phép tại các điểm đấu với điện áp cao thế, chất lượng của nguồn cung cấp điện là thông số chất lượng quan trọng đối với sơ đồ cấp điện.

Đường cong đặc tính lực kéo/tốc độ đối với một đơn nguyên kéo thay đổi phụ thuộc vào điện áp trên cần lấy điện. Xác định đường bao của đường cong đặc tính sức kéo/tốc độ khi điện áp giảm đạt được theo tỷ lệ đối với đường cong đặc tính định mức bằng phép ngoại suy trên giải tốc độ, với hệ số tỷ lệ thuận thấp hơn một chút so với tỷ lệ điện áp ( $U_{\text{cần lấy điện}} / U_{\text{định mức}}$ ).

Các giá trị điện áp nhận được cho phép đạt được mức hiệu năng mong muốn. Ví dụ, để nghiên cứu điện khí hóa với điện áp 25 kV, có thể lựa chọn điện áp không thấp hơn 22,5 kV, theo thống kê không được giảm xuống dưới giới hạn tối thiểu 19 kV. Điện áp dưới 19 kV có thể có trong các khoảng thời gian giao thông bất thường, đặc biệt là với các đoàn tàu có dẫn cách ngắn, hoặc trong trường hợp có tình huống đặc biệt mà không phải lúc nào cũng xuất hiện khi mô phỏng (trùng lặp với các luồng giao thông theo các hướng 1 và 2).

Tần số xuất hiện các tình huống với các hiệu năng suy giảm cả từ quan điểm sơ đồ cung cấp điện và sơ đồ chạy tàu, nên đánh giá với việc tính toán tổn thất hiệu năng cho phép.

Việc lựa chọn điện áp hiệu dụng trung bình chính xác sẽ đạt được các lợi thế sau:

Cho phép các đơn nguyên kéo hoạt động gần với điện áp định mức của chúng (do đó tối ưu hóa hiệu suất và hiệu năng);

Đảm bảo rằng các giá trị điện áp nhỏ nhất thỏa mãn các giá trị quy định trong các tiêu chuẩn;

Phản ánh thực tế rằng các thiết bị lắp đặt cố định cấp điện kéo có công suất bổ sung phù hợp và do đó, có thể tính toán nâng cao khối lượng vận chuyển;

Cho phép giải quyết các tình huống giao thông xáo trộn xác định.

Điện áp hiệu dụng trung bình trên cần lấy điện có thể được xác định bằng công thức như sau:

$$U_{\text{mean useful}} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} U_{pi} \times |I_{pi}| \times dt}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} |I_{pi}| \times dt} \quad (B.1)$$

Trong đó:

$T_i$  là khoảng thời gian tích hợp hoặc xem xét trên tàu thứ  $i$ ;

$n$  là số tàu được xem xét trong mô phỏng.

Đối với tuyến đường sắt điện khí hóa sử dụng điện xoay chiều:

$U_{pi}$  là điện áp hiệu ở tần số cơ bản tại cần lấy điện của tàu thứ  $i$ ;

$|I_{pi}|$  là mô-đun của dòng điện hiệu dụng tức thời ở tần số cơ bản khi cần lấy điện của tàu thứ  $i$  đi qua.

Đối với tuyến đường sắt điện khí hóa sử dụng điện một chiều:

$U_{pi}$  là giá trị điện áp một chiều trung bình tức thời tại cần lấy điện của tàu thứ  $i$ ;

$|I_{pi}|$  là mô-đun của dòng điện một chiều trung bình tức thời khi cần lấy điện của tàu thứ  $i$  đi qua.

Công thức (B.1) thể hiện mối quan hệ giữa công suất trung bình được tính đối với tàu/tàu trong các chuỗi lực kéo của chúng và dòng trung bình tương ứng.

Một kết quả tương tự thu được bằng công thức sau phù hợp hơn với một số chương trình (phần mềm):

$$U_{\text{mean useful}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{M \times N \times \Delta t} \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^M (U_{j,k}(t) \times \Delta t) \right) \quad (B.2)$$

Trong đó:

$n$  là số tàu được xem xét trong mô phỏng;

## TCVN 13339:2021

$U_{j,k}(t)$  là điện áp (đối với điện xoay chiều: giá trị hiệu dụng của sóng cơ bản, đối với điện một chiều: giá trị trung bình);

$M$  là số bước tính toán trong khoảng thời gian tích hợp;

$N$  là số bước tổng hợp trên mô phỏng;

$\Delta t$  là khoảng thời gian mà mỗi bước tính toán  $M$  được mô phỏng.

Chú thích:  $\Delta t$  nên đủ ngắn để tính đến tất cả các tình huống trong thời gian biểu chạy tàu.

Các công thức (B.1) và (B.2) ở trên được sử dụng để xem xét:

a) Một khu vực địa lý (tức là một phần của mạng lưới đường sắt mà chúng ta muốn xem xét) trong một khoảng thời gian xác định, có tính đến tất cả các tàu đi qua khu vực đó, cho dù chúng có ở chế độ kéo hay không (đứng yên, kéo, hãm tái sinh, chạy đà); Do đó giá trị  $U_{\text{mean useful}}$  thể hiện chỉ số chất lượng điện cung cấp cho toàn bộ khu vực;

b) Điện áp hiệu dụng trung bình trên cần lấy điện của mỗi tàu được tách biệt; Chỉ tính đến các khoảng thời gian tàu trong chế độ kéo.

Trong trường hợp này, trong Công thức (B.1) và (B.2),  $n$  bằng 1.

Giá trị này được quy định để kiểm tra hiệu năng của từng tàu trong mô phỏng và kết quả là xác định tàu đo.

## Phụ lục C

(Tham khảo)

### Điều tra các đặc tính sóng hài và các quá áp liên quan

#### C.1 Yêu cầu chung

Các vi phạm lớn về điện áp cung cấp xảy ra nếu tổng trở kháng/điện áp cho phép của nguồn cấp điện và của các phương tiện hiện có phần thực âm và phần ảo bằng 0 tại điểm cấp điện trong một tần số xác định, được gọi là tần số cộng hưởng. Điều kiện này là đủ từ quan điểm toán học. Phần ảo của trở kháng có thể được tạo ra chỉ bởi nguồn cấp điện chung hoặc bằng độ tự cảm đường dây cung cấp điện và máy biến áp của trạm điện kéo và điện dung đầu vào tương ứng của bộ biến đổi điện bốn góc phần tư của phương tiện với bộ lọc đầu vào sơ cấp tương ứng. Để dự đoán chính xác liệu hệ thống hoàn chỉnh có ổn định hay không, quan trọng là phải biết hệ số suy giảm chính xác ở tần số cộng hưởng. Hệ số suy giảm là âm khi không ổn định. Về nguyên tắc, có thể xảy ra các dao động đồng thời ở một số tần số.

#### C.2 Quá áp do mất ổn định hệ thống

##### C.2.1 Tiêu chí về tính tương thích

Khi xem một đơn nguyên kéo như là một đối tượng điện duy nhất (ranh giới là các cần lấy điện – các bánh xe), phương pháp phù hợp nhất là tạo ra các hạn chế đối với việc nhập tham số đầu vào của phương tiện, bao gồm tác động của tất cả các bộ điều khiển bên trong phương tiện. Điều này có thể được thực hiện bằng cách xác định các vùng được phép cho cường độ và pha, hoặc tốt hơn cho phần thực và phần ảo, phần thực trực tiếp xác định phần đóng góp giảm xung và/hoặc kích thích. Điều này phản ánh rằng không có nguồn mất ổn định nhưng việc mất ổn định luôn là một vấn đề về truyền tải. Các yêu cầu đối với tần số thấp, trong đó các hiệu ứng phi tuyến tính đóng vai trò quan trọng, sẽ dẫn đến các yêu cầu bổ sung. Những hiểu biết về các hiệu ứng này vẫn còn hạn chế.

Việc xác định các yêu cầu đối với phương tiện, như được mô tả ở trên, đầu tiên là phải xác định tiêu chí mất ổn định bên trong đối với toàn bộ hệ thống cung cấp điện và phân chúng ra thành giao diện giữa chúng với phương tiện.

Để tránh mất ổn định cộng hưởng, đối với các tần số lớn hơn giá trị quy định (được quy định bởi đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng), phương tiện phải trong trạng thái bị động, tức là:  $\text{Re}(Y(f)) > 0$ , với giá trị pha  $Y(f)$  trong khoảng giữa  $-90^\circ$  đến  $+90^\circ$ .

##### C.2.2 Đo đạc và thẩm định

## TCVN 13339:2021

Ở cấp độ một phương tiện, các phép thử có thể được thực hiện bằng cách mô phỏng, thử nghiệm trong phòng thí nghiệm và thử nghiệm trên đường. Việc đo công suất đầu vào của phương tiện phụ thuộc vào tần số yêu cầu của nguồn cấp điện mà trong đó điện áp thử nghiệm có tần số cao hơn tần số điện áp của nguồn cung cấp chính. Nói chung, điều này có thể thực hiện được bằng sự hỗ trợ của các thiết bị khác và đã được thực hiện trước đó. Việc tiến hành các phép đo phi tuyến có thể rất khó khăn vì thông thường nó phụ thuộc vào điểm vận hành của phương tiện.

Các thử nghiệm tính tương thích giữa một phương tiện và nguồn cung cấp điện chủ yếu là để xem xét tính ổn định có được duy trì hay không. Sự mất ổn định có thể được phát hiện hoặc bằng cách ngắt các thiết bị bảo vệ hoặc quan sát các dao động không mong muốn. Rất khó để đo khoảng cách đối với biên độ ổn định. Sự suy giảm của quá trình quá độ có thể đưa ra một con số gần đúng.

Thẩm tra các mô hình cung cấp điện là khó khăn vì cần phải có khối lượng lớn dữ liệu hệ thống và do đó hạn chế các điều kiện vận hành bình thường.

### C.3 Quá áp do sóng hài

#### C.3.1 Tiêu chí về tính tương thích

Về nguyên tắc, điều có giá trị như đối với tính ổn định: Vì tất cả các mạng lưới cung cấp điện đều có cả đầu vào và hoạt động truyền tải, nên tất cả các vấn đề bên trong mạng lưới (như khuếch đại sóng hài giữa các vị trí khác nhau trong mạng lưới) phải được giải quyết trước tiên.

Để kiểm tra tính tương thích, nhà sản xuất phương tiện đường sắt nên lấy các thông tin sau từ đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng:

Nguồn điện áp sóng hài bên trong của nguồn cung cấp điện. Điều này bao gồm sóng hài do chính nguồn cung cấp điện (trạm điện kéo) tạo ra cũng như sóng hài các phương tiện khác tạo ra. Điều này có thể được thực hiện bằng việc xác định phổ điện áp cho phép lớn nhất và phổ điện áp dự kiến điển hình trên cần lấy điện của phương tiện;

Khả năng thông qua phụ thuộc vào tần số của nguồn cung cấp điện, nhận biết theo vị trí của phương tiện. Đầu vào đối với các điều kiện tương ứng của lưới điện (bao gồm cả các phương tiện hiện có). Cần phải tham khảo các thông tin về nguồn phổ điện áp phải được tạo ra (ví dụ: Một phổ xác định của nguồn có chứa sóng hài cao chỉ có thể có liên quan khi kết hợp với độ dẫn mạng yếu).

Theo thông lệ thì dòng điện của phương tiện không được vượt quá các giới hạn nhất định của dòng điện sóng hài phụ thuộc vào tần số (đường bao sóng hài). Trường hợp sóng hài được xác định liên quan với thiết bị tín hiệu, một cách tiếp cận tương tự là có thể giới hạn quá áp. Vì vậy, nên áp dụng rộng rãi hơn sóng hài hạn chế.

#### C.3.2 Đo đạc và thẩm định



Việc đo dòng điện sóng hài và điện áp sóng hài là thường xuyên. Các phép đo đồng thời tại các vị trí khác nhau cho phép đưa ra một số kết luận. Ngoài ra có thể đánh giá một cách định lượng về việc truyền tải của mạng lưới cung cấp điện và độ chính xác của các yêu cầu về chất lượng được đặt ra đối với phương tiện mới.

#### C.4 Các ví dụ

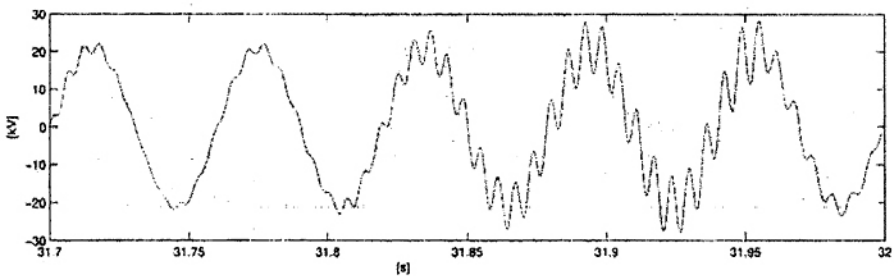
##### C.4.1 Yêu cầu chung

Trong mục này đưa ra các ví dụ về điện áp (và dòng điện) dạng sóng từ các hiện tượng đã trải qua tạo ra quá áp. Các hiện tượng được phân loại theo mô tả trong phụ lục này và tại Điều 10.

##### C.4.2 Quá áp do mất ổn định hệ thống

###### a) Mất ổn định cộng hưởng điện

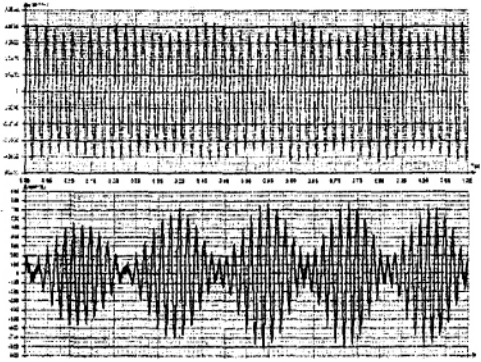
Một thành phần điện áp chồng lên điện áp xoay chiều cơ bản. Dải tần số điển hình của dao động lớn hơn tần số cơ bản ba lần trở lên. Sở dĩ xuất hiện điều này là do sự tương tác giữa đầu máy sử dụng bộ biến đổi điện bốn góc phần tư và cộng hưởng hệ thống (hệ thống cung cấp điện với các phương tiện có hoặc không có bộ lọc).



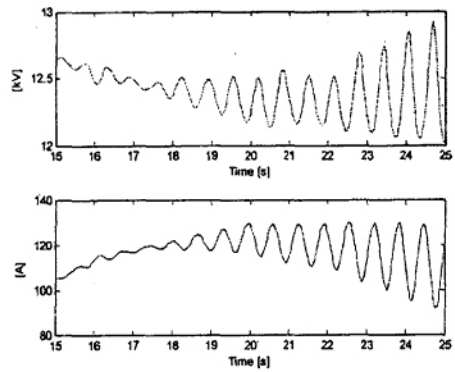
Hình C.1 - Điện áp đường dây

###### Dao động công suất tần số thấp

Điện áp và dòng điện của tuyến đường sắt dùng điện xoay chiều thể hiện biên độ và điều chế pha. Tần số điều chế điển hình là từ 10 % đến 30 % tần số cơ bản. Nó được tạo ra bởi sự tương tác giữa các phương tiện sử dụng bộ biến đổi điện bốn góc phần tư và các hệ thống cung cấp điện.



Hình C.2 - Điện áp đường dây (trên) và dòng điện đường dây (dưới) (giá trị tức thời)



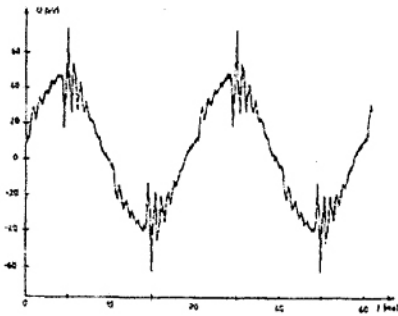
Hình C.3 - Điện áp đường dây (trên) và dòng điện đường dây (dưới) (giá trị hiệu dụng)

C.4.3 Quá áp do sóng hài

Biến dạng điện áp lặp

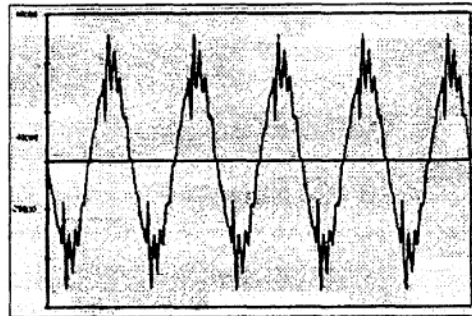
a) Được tạo ra bởi việc chuyển mạch bộ chỉnh lưu thyristor của phương tiện trong các cộng hưởng nguồn cung cấp điện có tần số cao hơn. Sau mỗi đỉnh điện áp tiếp theo là một dạng sóng quá độ với độ suy giảm lớn tương ứng.

Ví dụ 1



Hình C.4 - Điện áp đường dây

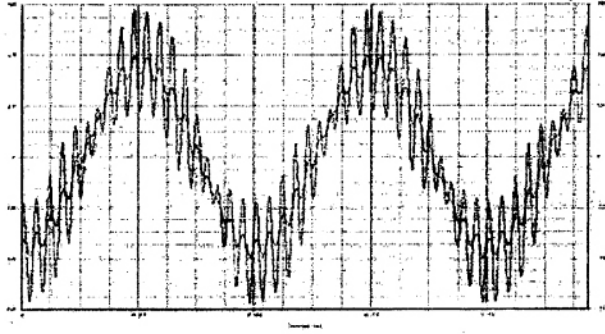
Ví dụ 2



Hình C.5 - Điện áp đường dây

b) Được tạo ra bởi tần số chuyển mạch của bộ biến đổi điều chế độ rộng xung (PWM). Bội số của tần số chuyển mạch giảm cùng với tần số cộng hưởng nguồn cung cấp điện và gây ra dao động mạnh ở tần số này với suy giảm thấp tương ứng.

Ví dụ:



Hình C.6 - Điện áp đường dây

## Phụ lục D

(Tham khảo)

Dữ liệu liên quan đến đánh giá tính tương thích của sóng hài và các hiệu ứng động học

### D.1 Đặc tính của các thiết bị lắp đặt cố định trong nguồn cung cấp điện kéo

Để có được đặc tính đầy đủ và chuyên sâu của các thiết bị lắp đặt cố định trong nguồn cung cấp điện là một nỗ lực rất lớn. Hơn nữa, không thể quy định một đặc tính chung và đơn giản cho tất cả các loại thiết bị lắp đặt cố định phù hợp với nghiên cứu tính tương thích, xem 10.3.

Tuy nhiên, như một hướng dẫn cho các tình huống và cấu hình điển hình của các thiết bị lắp đặt cố định, Bảng D.1 và Bảng D.2 mô tả các đặc tính của các nguồn cung cấp điện xoay chiều và một chiều, chủ yếu về mặt trở kháng, với các giá trị điển hình, lớn nhất và nhỏ nhất theo quan điểm của đơn nguyên kéo.

Các giá trị cụ thể của các hệ thống có các đặc tính khác với các hệ thống được quy định trong Bảng D.1 và Bảng D.2 nên được quy định bởi đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng.

Các giá trị quy định trong Bảng D.1 và Bảng D.2 có giá trị đối với các thiết bị lắp đặt không dùng cáp với điện áp cung cấp có chiều dài đáng kể (50 m cho các đoạn). Trong trường hợp khác, đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng nên quy định vị trí và đặc tính của cáp.

**Bảng D.1 - Đặc tính của tuyến điện khí hóa xoay chiều**

Loại tuyến			Tuyến TSI HS các cấp		Tuyến TSI CR cấp IV, V, VI, VII và tuyến truyền thống		
			I	II, III	Công suất		
					Cao	Trung bình	Yếu
Công suất sẵn có điển hình của nguồn cấp	MW		20 đến 60	15 đến 45	15 đến 45	15 đến 30	10 đến 20
Công suất điển hình của một tàu	MW		8 đến 20	5 đến 15	5 đến 15	4 tới 10	2 đến 6

Chiều dài của tuyến được cung cấp điện bởi một nguồn cấp trong điều kiện vận hành bình thường. Khoảng cách từ nguồn cấp đến điểm phân đoạn	km	Nhỏ nhất	15	20	15	15	20
		Điện hình	20	25	25	30	35
		Lớn nhất	30	30	30	35	40
25 000 V - 50 Hz							
2 × 25 000 V - 50 Hz	km	Nhỏ nhất	20	20	20	30	30
		Điện hình	30	30	30	40	60
		Lớn nhất	45	50	50	50	70
5 000 V - 16,7 Hz							
2 × 15 000 V - 16,7 Hz	km	Nhỏ nhất	15	20	20	30	30
		Điện hình	20	25	25	35	40
		Lớn nhất	30	35	35	40	60
Có thể có các bộ lọc bù tại trạm điện kéo	Y/N		N	Y	Y	Y	Y
Tần số điều chỉnh của bộ lọc	Hz	NA	120 đến 130	220 đến 240	120 đến 130	220 đến 240	120 đến 130
25 000 V hoặc 2 × 25 000 V - 50 Hz							
15 000V hoặc 2 × 15 000V - 16,7 Hz			45	45	45	45	45
Hệ số chất lượng							
25 000 V hoặc 2 × 25 000 V		NA	100	100	100	100	100
15 000 V hoặc 2 × 15 000 V							

Trở kháng của nguồn, tần số cơ bản (lưới điện cao thế, máy biến áp) trong đó:  25 000 V – 50 Hz  15 000 V - 16,7 Hz	Ω	Nhỏ nhất	2	3	3	5	7
		Điện hình	2,5	4	4	7	8
		Lớn nhất	3,5	7	7	10	10
	Ω	Nhỏ nhất	0,2	0,2	0,4	0,7	1,4
		Điện hình	0,4	0,4	0,7	1,4	2,8
		Lớn nhất	1,4	1,4	1,4	2,8	4,5
Tần số công hưởng 16,7 Hz của mạng lưới điện áp cao thế	Hz	Nhỏ nhất	80	80	80	80	80
		Điện hình	180	180	180	180	180
		Lớn nhất	300	300	300	300	300
Tần số công hưởng của khu đoạn điện khí hóa thuộc tuyến (không có hiệu ứng của bộ lọc, nếu có)  25 000 V - 50 Hz  2 × 25 000 V - 50 Hz  15 000 V - 16,7 Hz  2 × 15 000 V - 6,7 Hz	Hz	Nhỏ nhất	500	500	500	500	500
		Điện hình	1200	1100	1100	900	800
		Lớn nhất	1400	1200	1200	1200	1000
		Nhỏ nhất	800	800	800	800	800
		Điện hình	3000	2500	2500	2200	2000
		Lớn nhất	3500	3500	3500	3500	3000
		Nhỏ nhất	400	400	400	400	400
		Điện hình	1000	1000	1000	1000	1000
		Lớn nhất	2800	2800	2500	1400	1300
		Nhỏ nhất	Kín				
		Điện hình					
		Lớn nhất					

Chú thích: N.A.: Không áp dụng, Y: Có, N: Không
<sup>a</sup> Khi các trạm điện kéo được kết nối song song, chiều dài này bằng một nửa khoảng cách giữa hai trạm điện kéo liền kề. <sup>b</sup> L <sub>w</sub> /R. <sup>c</sup> Tần số cộng hưởng nhỏ nhất.

Bảng D.1 - Đặc tính của tuyến điện khí hóa một chiều

Loại tuyến			Tuyến TSI HS các cấp		Tuyến TSI CR cấp IV, V, VI, VII và tuyến truyền thống		
			I <sup>a</sup>	II, III	Công suất		
					Cao	Trung bình	Yếu
Công suất sẵn có của nguồn cấp							
750 V	MW		/	4	4	4	2
1500 V		/	8 đến 15	8 đến 15	4 đến 8	2 đến 4	
3000 V		10 đến 20	6 đến 12	6 đến 12	3 đến 6	3	
Công suất điện hình của một tàu							
750 V	MW		/	5	5	4	3
1 500 V		/	7,5	7,5	5	4	
3 000 V		8 tới 12	6	6	3	3	
Chiều dài tuyến được cấp điện bởi một nguồn cấp trong điều kiện vận hành bình thường	km						
750 V	Nhỏ nhất Điện		2	/	/	/	
		2,5	/3	/6	/8		
		3	/	/	/		

1 500 V  3 000 V	hình						
	Lớn nhất						
	Nhỏ nhất						
3 000 V	km	Điện hình		2	2	4	8
		Lớn nhất		6	6	7	10
3 000 V	km	Nhỏ nhất	6	7,5	7,5	10	10
		Điện hình	8	10	10	12,5	12,5
3 000 V	km	Lớn nhất	12	12,5	12,5	15	15
Có thể có bộ lọc bù tại trạm điện kéo (tần số) 750 V	Y/N	Hz		Y	Y	Y	Y
				600	600	600	600
750 V	Y/N	Hz		1200	1200	1200	1200
			50 Hz (mục đích tín hiệu)				
1 500 V	Hz	GB		không	không	không	không
1 500 V		NL		không	không	không	không
1 500 V	Hz	FR		có	có	có	có
3 000 V		BE					
3 000 V		ES		600, 1200	600, 1200	600, 1200	600, 1200
3 000 V		IT	Không định kỳ bộ lọc suy giảm f > 100Hz	Không định kỳ bộ lọc suy giảm f > 100 Hz	Không định kỳ bộ lọc suy giảm f > 100 Hz	Không định kỳ bộ lọc suy giảm f > 100 Hz	Không định kỳ bộ lọc suy giảm f > 100 Hz
		PL		600, 1200 và định kỳ	300, 600, 900, 1200 và định kỳ	300, 600, 900, 1200 và định kỳ	300, 600, 900, 1200 và định kỳ



3 000 V	Hz			bộ lọc suy giảm hoặc $f > 100 \text{ Hz}$ hoặc $f > 1000 \text{ Hz}$	bộ lọc suy giảm hoặc $f > 100 \text{ Hz}$ hoặc $f > 1000 \text{ Hz}$	bộ lọc suy giảm hoặc $f > 100 \text{ Hz}$ hoặc $f > 1000 \text{ Hz}$	bộ lọc suy giảm hoặc $f > 1\,000 \text{ Hz}$ hoặc $f > 100 \text{ Hz}$
		SI				Bộ lọc định kỳ làm suy giảm $f > 100 \text{ Hz}$	
3 000 V							
<p><sup>a</sup> Đối với những quốc gia liên quan theo chú thích b của Bảng 5.</p> <p><sup>b</sup> Khi các trạm biến áp được kết nối song song, chiều dài này bằng một nửa khoảng cách giữa hai trạm điện kéo liền kề.</p> <p>Chú thích: Y: Có N: Không</p>							

## D2. Đặc tính của tàu

Bảng D.3 và Bảng D.4 mô tả tương ứng các đặc tính của các đơn nguyên kéo sử dụng điện xoay chiều và điện một chiều, chủ yếu là về trở kháng, đã tiến hành sóng hài nhiều và ổn định theo quan điểm của nguồn cung cấp điện kéo.

Các giá trị cụ thể của các phương tiện có các đặc tính khác với các giá trị được quy định trong Bảng D.3 và D.4 nên được quy định bởi đơn vị vận hành với mật độ hiện có cho đơn vị quản lý cơ sở hạ tầng.

**Bảng D.3 - Đặc tính của một tàu sử dụng điện xoay chiều liên quan đến trở kháng, sóng hài và tính ổn định**

Loại hệ thống kéo đẩy	Thiết bị điều chỉnh điện áp dưới phụ tải thường xuyên và điện áp lưới	Chỉnh lưu điốt	Chỉnh lưu thyristor	Bốn bộ biến đổi điện bốn góc phần tư
Bảng thông	3 Hz	3 Hz	2 × tần số cơ bản	150 Hz, 6 000 Hz phụ thuộc vào thiết bị chuyển

Loại hệ thống kéo đẩy	Thiết bị điều chỉnh điện áp dưới phụ tải thường xuyên và điện áp lưới	Chỉnh lưu đi ốt	Chỉnh lưu thyristor	Bốn bộ biến đổi điện bốn góc phần tư
chuyển mạch				mạch
Bảng thông điều khiển	< 3 Hz	< 3 Hz	< 0,5 × tần số cơ bản	1000 Hz tùy thuộc vào thiết bị chuyển mạch
<b>Nguồn sóng hài</b>				
Loại nguồn cấp	Nguồn dòng chỉ do biến áp	Nguồn dòng điện do đóng mạch các cuộn cảm lớn	Nguồn dòng điện do đóng mạch các cuộn cảm lớn	Nguồn điện áp ở phía thứ cấp máy biến áp do chuyển đổi điện áp liên kết một chiều
Loại sóng hài	Chỉ sóng hài tự nhiên lẻ	Chủ yếu là sóng hài tự nhiên	- Chủ yếu là sóng hài tự nhiên lẻ - Một số sóng hài tự nhiên trong quá trình thay đổi công suất hoặc do góc khởi động không đối xứng	- Phụ thuộc vào phương pháp mô đun hóa - Chủ yếu là sóng hài tự nhiên lẻ - Ít sóng hài tự nhiên chẵn - Liên sóng hài nhỏ do hiệu ứng cuộn lại trong biến tần tuyến
Các giá trị đặc trưng đối với sóng hài tần số thấp	Rất ít do phi tuyến biến áp	rộng	rộng	Chỉ nhỏ, tồn tại chủ yếu nếu bộ biến tần phụ thuộc loại điều khiển góc lệch pha hoặc do các hiệu ứng điều khiển rời rạc
Sóng hài nhỏ	chỉ ít	chỉ ít	Phụ thuộc vào độ bám dính và kiểm soát năng lượng	Phụ thuộc vào độ bám dính và kiểm soát năng lượng
Sóng hài tần số trung bình	Thấp 50 Hz đến 183 Hz (16,7 Hz) 150 Hz đến 550 Hz(50 Hz)	Trung bình 50 Hz đến 2 000 Hz(16,7 Hz) 150 Hz đến 2000 Hz(50 Hz)	Trung bình 50 Hz đến 2 000 Hz(16,7 Hz) 150 Hz đến 2000 Hz(50 Hz)	Trung bình 400 Hz đến 10 000 Hz

Loại hệ thống kéo đẩy	Thiết bị điều chỉnh điện áp dưới phụ tải thường xuyên và điện áp lưới	Chỉnh lưu điốt	Chỉnh lưu thyristor	Bốn bộ biến đổi điện bốn góc phản tư
Tín hiệu đầu vào được tạo ra bởi các thiết bị điều khiển				
Loại trở kháng đối với tần số cơ bản	RL bị động hoặc chủ động	RL bị động	RL bị động hoặc chủ động	R, RL hoặc RC bị động hoặc chủ động
Loại trở kháng đối với $f >$ tần số cơ bản	RL bị động	RL bị động	RL bị động	RLC chủ động và/hoặc bị động, tùy thuộc vào tần số và điều khiển
Phi tuyến tính	Khi các trường động cơ bão hòa (khi lực kéo cao)	Đáng kể do trở kháng chuyển đổi	Đáng kể do trở kháng chuyển đổi	Chủ yếu đối với các tần số thấp do điều khiển công suất và điện áp một chiều hoặc tăng vọt
Phụ thuộc vào điểm vận hành	Đối với tất cả các tần số do: - Khởi động động cơ tùy thuộc vào tốc độ - Biến đổi với sự hỗ trợ của thiết bị tap changer	Đối với tất cả các tần số do: - Khởi động động cơ tùy thuộc vào tốc độ; - Biến đổi với sự hỗ trợ của thiết bị tap changer; - Hướng chuyển mạch phụ thuộc dòng điện động cơ	Cho tất cả các tần số do: - nhận động cơ tùy thuộc vào tốc độ - góc bắn và giao hoán tùy thuộc vào điện áp động cơ	Chỉ đối với các tần số thấp hơn tần số tuyến
Phụ thuộc vào trở kháng tuyến	không	Có, do hướng chuyển mạch với trở kháng tuyến	Có, do hướng chuyển mạch với trở kháng tuyến	không
Trở kháng đầu vào gây ra bởi các bộ lọc				
Áp dụng	Không	Từng phần	Từng phần	Từng phần

Loại hệ thống kéo đẩy	Thiết bị điều chỉnh điện áp dưới phụ tải thường xuyên và điện áp lưới	Chỉnh lưu điốt	Chỉnh lưu thyristor	Bốn bộ biến đổi điện bốn góc phần tư
Hoạt động cộng hưởng	Không áp dụng	100 Hz đến 300 Hz	100 Hz đến 300 Hz	250 Hz đến 800 Hz, 16,7 Hz 250 Hz đến 800 Hz, 50 Hz
Chú thích: R là điện trở L là điện cảm C là điện dung				

**Bảng D.4 - Đặc tính của tàu sử dụng điện một chiều liên quan đến trở kháng, sóng hài và tính ổn định**

Loại hệ thống kéo đẩy	Động cơ một chiều dùng biến trở	Động cơ một chiều dùng máy cắt	Động cơ xoay chiều dùng máy cắt + biến tần	Động cơ xoay chiều dùng biến tần trực tiếp
Tần số dao động (thành phần đơn)	Không áp dụng	lên đến 300 Hz	lên đến 300 Hz	lên đến 5 000 Hz
Băng thông chuyển mạch (chuyển đổi hoàn chỉnh)	3 Hz	400 Hz đến 600 Hz hoặc cao hơn <sup>ab</sup>	400 Hz đến 600 Hz hoặc cao hơn <sup>b</sup>	400 Hz đến 600 Hz hoặc cao hơn <sup>b</sup>
Băng thông điều khiển	Không áp dụng <sup>c</sup>	50 Hz đến 100 Hz	50 Hz đến 100 Hz	50 Hz đến 100 Hz
Trở kháng đầu vào gây ra bởi các bộ lọc	Không áp dụng	> 0,3 Ω ở 50 Hz	> 0,3 Ω ở 50 Hz	> 0,3 Ω ở 50 Hz
Chế độ cộng hưởng của các bộ lọc	Không áp dụng	20 Hz tới 40 Hz	20 Hz tới 30 Hz	10 Hz tới 30 Hz
<sup>a</sup> Tần số có thể tăng lên bởi một máy cắt polyphase. Tần suất có thể giảm khi khởi động. <sup>b</sup> Tần số có thể tăng lên đến vài kHz khi sử dụng IGBT. <sup>c</sup> Các điện trở khởi động được loại trừ từng bước nếu dòng điện thấp hơn giá trị tham chiếu.				

**Phụ lục E**

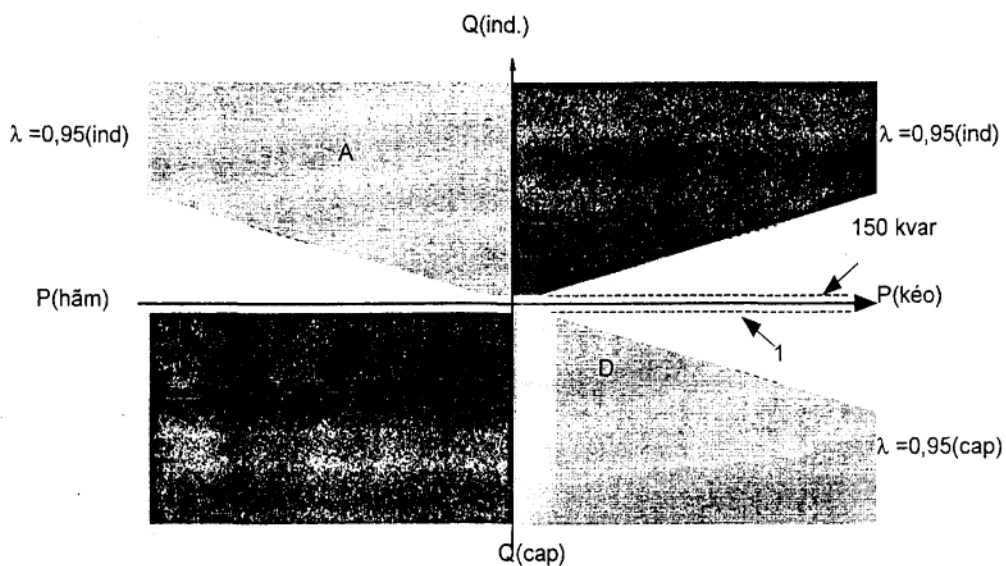
(Tham khảo)

**Tổng hệ số công suất điện cảm và điện dung**

Thay thế cho các yêu cầu trong Điều 6, Hình E.1 có thể được sử dụng cho các yêu cầu này. Ngoài ra trong Phụ lục này chỉ xem xét đến tần số cơ bản.

Văn bản sau đây chỉ hợp lệ đối với điện áp nhỏ hơn hoặc bằng  $U_{max1}$  theo quy định trong EN 50163.

Các yêu cầu được trình bày trong Hình E.1, không đúng về mặt toán học với các yêu cầu trong Điều 6, nhưng đối với tất cả các trường hợp thực tế, các yêu cầu này sẽ cho kết quả mong muốn. Các yêu cầu trong Phụ lục này cũng khá dễ dàng để thẩm tra bằng chạy thử đơn giản. Đáp ứng các yêu cầu trong Phụ lục này sẽ dẫn đến thỏa mãn Điều 6 cho tất cả các trường hợp thực tế.



Trong đó:

- A là khu vực không mong muốn đối với điện áp đường dây dưới điện áp cấp điện bình thường;
- B là khu vực cấm đối với điện áp đường dây dưới  $U_{max1}$ ;
- C là khu vực cấm;

- D là khu vực không mong muốn đối với điện áp đường dây trên điện áp cấp điện bình thường;
- P(kéo) là công suất kéo;
- P (hãm) là công suất hãm;
- Q (ind) là công suất phản kháng quy nạp;
- Q (cap) là công suất phản kháng điện dung;
- 1 là giới hạn điện dung mong muốn, xem bên dưới đối với chế độ kéo; đối với chế độ tái sinh là 150 kvar

Chú thích: Tất cả các khu vực màu trắng xung quanh trục P được cho phép mà không cần phải xem xét. Chỉ tần số cơ bản được xem xét.

**Hình E.1 - Hệ số công suất cho phép so với công suất làm việc và công suất phản kháng (P và Q) của tàu**

Chú thích: đối với các hệ thống 50 Hz, giới hạn mong muốn của công suất phản kháng điện dung ở công suất làm việc thấp ở chế độ kéo là 700 kvar và đối với các hệ thống 16,7 Hz, giới hạn mong muốn tương tự là 150 kvar. Giới hạn cảm ứng ở công suất hoạt động thấp là như nhau cho cả hai hệ thống 50 Hz và 16,7 Hz là 150 kvar.

Hình E.1 là hợp lệ đối với tàu ở tất cả các tình huống thông thường, ngoại trừ trong khoảng thời gian ngắn (ví dụ: khi chuyển từ chế độ kéo sang chế độ hãm và ngược lại), khi hệ số công suất có thể vượt quá các giới hạn, tức là chỉ số này hợp lệ đối với các giá trị hiệu dụng tức thời trong điều kiện bình thường, nhưng loại trừ trạng thái quá độ. Cũng loại trừ đối với tàu trong bãi hoặc tại đề pô, xem bên dưới. Một ngoại lệ khác là trong điều kiện băng giá và mức tiêu thụ điện năng thấp khi một lượng điện cảm ứng nhất định (hơn 150 kvar) có thể được rút ra tạm thời để duy trì dòng điện liên tục.

Ở trạng thái đứng yên hoặc không suất bằng không, nên sử dụng các giá trị ở phía bên phải của trục Q.

Ngoài ra, những điều sau đây là hợp lệ:

- Không được phép có hệ số công suất điện dung ở điện áp đường dây trên  $U_{max}$ ;
- Đối với bãi hoặc đề pô, hệ số công suất của sóng cơ bản phải bằng hoặc lớn hơn 0,8 (cảm ứng) khi tàu đang kéo với công suất kéo bị tắt và công suất hoạt động được rút ra lớn hơn 200 kW.

Chú thích 1: Ngay cả khi hệ số công suất được phép giảm tự do (tự cảm) trong quá trình hãm tái sinh (hãm điện), theo Điều 6, để giữ điện áp trong giới hạn, điều mong muốn là hệ số công suất không

## **TCVN 13339:2021**

được cảm ứng (dưới 0, 95) khi điện áp xuống dưới điện áp cấp điện bình thường.

Chú thích 2: Các hệ số công suất điện dung có thể dẫn đến quá điện áp, vượt quá giới hạn ổn định truyền tải điện hoặc các hiệu ứng động khác và phải được xử lý theo Điều 10. Tuy nhiên, đối với điện áp thấp, có thể mong muốn với một hệ số công suất điện dung nhất định, miễn là sự ổn định được duy trì. Hơn nữa, được phép nhưng không kỳ vọng sẽ sử dụng hệ số công suất điện dung ở điện áp mạch so với điện áp cấp điện bình thường. Lý do không kỳ vọng là để đảm bảo khả năng hấp thụ điện của các phương tiện khác trong các mạng lưới yếu. Chú ý, ngay khi bộ biến tần kéo trên tàu đang vận hành, có thể bù cho bất kỳ bộ lọc cuối cùng nào.

Chú thích 3: Giới hạn 150 kvar (cảm ứng) tương ứng với 200 kw tại hệ số công suất 0,8.

## Phụ lục F

(Tham khảo)

## Dòng điện của tàu cho phép lớn nhất

Dòng điện của tàu cho phép lớn nhất bao gồm cả các thiết bị phụ đối với các mạng lưới đường sắt Châu Âu hiện có, được quy định trong Bảng F.1. Các mức áp dụng cả trong chế độ kéo và hãm tái sinh. Các giá trị dòng điện của tàu cao hơn hoặc thấp hơn được quy định trong sổ đăng ký của cơ sở hạ tầng (xem 7.3) cho từng đường dây khi được yêu cầu.

Chú thích: Để ngăn chặn quá tải của hệ thống năng lượng phụ, các giá trị được quy định trong Bảng F.1 được quy định đối với phương tiện đường sắt và không quy định đối với thiết kế hệ thống năng lượng phụ với tải liên tục.

Bảng F.1 - Dòng điện của tàu cho phép lớn nhất

Hệ thống cung cấp điện	Dòng điện của tàu cho phép lớn nhất, A																									
	Tuyến TSI HS các cấp			Tuyến TSI CR cấp IV, V, VI, VII và tuyến truyền thống																						
	I	II	III	Tối đa	AT CH DE	BE	CZ	DK	ES	FI	FR	GB	GR	HU	IE	IS	IT	L U	MT	NL	NO	PL	PT	SE	SI	SK
Xoay chiều 25 000 V 50 Hz	1500	600	500	800	/	500	800	500	?	500	500	300	/	?	/	/	/	?		500	/	/	?	500	/	300
Xoay chiều 15 000 V	1500	900	900	900	900	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	900	/	/	/	900	/	/





**Phụ lục G**

(Tham khảo)

**Các điều kiện của các quốc gia cụ thể**

Điều kiện quốc gia cụ thể: Tính quốc gia hoặc thông lệ không thể thay đổi ngay cả trong một thời gian dài, ví dụ: điều kiện khí hậu, điều kiện nối đất điện.

Chú thích: Nếu ảnh hưởng đến sóng hài, thì đó là một phần của tiêu chuẩn Châu Âu.

Đối với các quốc gia có liên quan đến các điều kiện cụ thể của quốc gia mình thì áp dụng các điều khoản trong tiêu chuẩn này mang tính chất bắt buộc, ngược lại đối với các quốc gia khác, các điều khoản trong tiêu chuẩn này có thể mang tính chất tham khảo.

Điều khoản Điều kiện quốc gia cụ thể

7.2

**Hình 1 Vương quốc Anh**

Nếu tuyến chưa được nâng cấp để phù hợp với EN 50163:2004 + A1:2007,  $U_{min2}$  phải phù hợp với điều kiện quốc gia cụ thể của Vương quốc Anh theo EN 50163:2004 + A1:2007, 4.1.

**12.1.1 Vương quốc Anh**

Đối với hệ thống ray dẫn điện một chiều 750 V,  $U_{max2}$  được thay thế bằng 900 V.

**12.1.1 Hà Lan**

Tàu phải không được tiếp tục sử dụng hãm tái sinh nếu:

Xảy ra mất điện áp nguồn cung cấp hoặc ngắn mạch nối đất/ray - đường dây tiếp xúc trên cùng một khu đoạn được cung cấp điện bởi trạm điện kéo,

Đường dây tiếp xúc không hấp thụ năng lượng,

Điện áp đường dây lớn hơn  $U_{max2}$  (xem EN 50163:2004, 4.1),

Điện áp đường dây nhỏ hơn 1 200 V điện một chiều, đối với nguồn cung cấp có điện áp một chiều 1500 V và điện áp đường dây nhỏ hơn 17 500 V điện xoay chiều, đối với nguồn cung cấp có điện áp xoay chiều 25 000 V.

**TCVN 13339:2021**

**12.1.1 Thụ Điện**

$U_{\text{max2}}$  là 17,5 kV thay vì 18,0 kV.

**Thư mục tài liệu tham khảo**

- [1] EN 50119, *Railway applications - Fixed installations - Electric traction overhead contact lines*
  - [2] EN 50121 (all parts), *Railway applications - Electromagnetic compatibility*
  - [3] EN 50122-1, *Railway applications - Fixed installations - Electrical safety earthing and the return circuit - Part 1: Protective provisions against electric shock*
  - [4] TCVN 13338-2:2021, *Ứng dụng đường sắt - Phối hợp cách điện - Phần 2: Quá áp và các bảo vệ liên quan*
  - [5] EN 50238, *Railway applications - Compatibility between rolling stock and train detection systems*
  - [6] EN ISO 3166-1:1997, *Codes for the representation of names of countries and their subdivisions - Part 1: Country codes (ISO 3166-1:1997)*
  - [7] UIC 795, *Minimum installed power - Line categories*
  - [8] UIC 796, *Voltage at the Pantograph*
  - [9] UIC 797, *Coordination of electrical protection substations-traction units*
  - [10] UIC 798, *Integration periods over which parameters can be averaged*
-