



INSTRUÇÃO TÉCNICA

GR.IT.GER.002 RETORNO DA CORRENTE DE TRAÇÃO, TERRAS E PROTEÇÕES PARTE 2: FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE 25 KV

CICLO DE PRODUÇÃO DO DOCUMENTO

ELABORAÇÃO

SUPERVISÃO

APROVAÇÃO

SCE-EP

IC-AC

ACD

2015-05-29



ÍNDICE

Pág.

1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVO	5
3. ÂMBITO	6
4. DOCUMENTOS	6
5. ABREVIATURAS E DEFINIÇÕES	6
6. PRINCÍPIOS GERAIS DE FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA DE 25 kV	6
6.1. Subestação – lado primário	6
6.2. Configurações usadas no fornecimento de energia de tração a 25 kV	7
6.2.1. Sistema ST	8
6.2.2. Sistema RT	9
6.2.3. Sistema AT	10
6.3. Emissão de campo magnético H em sistemas de 25 kV	12
6.4. Escolhas de sistema	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1- Apresentação geral do lado primário da subestação	7
Figura 2- Configurações de catenária nos sistemas ST (a), RT (b) e AT (c)	8
Figura 3 – Retorno da corrente de tração no sistema ST	9
Figura 4 - Funcionamento do sistema RT	10
Figura 5 - Transporte de energia a 50 kV e alimentação das composições a 25 kV	10
Figura 6 - Corrente de retorno de tração através dos carris e do solo numa secção	11
Figura 7 - Apresentação geral da distribuição de corrente no sistema AT	11
Figura 8 - Amplitude do campo magnético a 50 Hz registado a 1m de altura acima do plano de rolamento para igual solicitação de energia em via dupla.....	13

Registo e Controlo das Alterações

VERSÃO	DATA	DESCRIÇÃO DA MODIFICAÇÃO	PÁGINAS
v.01	2001-03-21	Versão inicial	Todas
v.02	2001-11-01	Versão adaptada aos comentários da REFER	Todas
v.03	2001-11-21	Idêntica à versão 002	Todas
v.04	2002-03-29	Tradução para a língua portuguesa, com incorporação de correções	Todas
v.05	2003-07-15	Revisão	Todas
v.06	2015-05-29	Revisão da Instrução Técnica para uma infraestrutura a 3 carris	Todas

Documentos Revogados

IT.GER.002 | v.05, 1º Aditamento à IT.GER.002-5.

Macroprocesso de Enquadramento

Gestão de Estudos e Projetos.

Referência SAP/DMS

224 10002011149

Distribuição

Geral.

1. INTRODUÇÃO

O Normativo RCT+TP é a especificação de retorno da corrente de tração, terras e proteções.

O seu principal objetivo é criar um ambiente seguro para seres humanos e sistemas na vizinhança da via-férrea. Esta especificação está dividida em 15 Partes:

- Parte 1 Generalidades;
- **Parte 2 Funcionamento do sistema de 25 kV;**
- Parte 3 Introdução ao Sistema RCT+TP;
- Parte 4 Plena Via;
- Parte 5 Túneis;
- Parte 6 Pontes;
- Parte 7 Estruturas;
- Parte 8 Edifícios e Subestações;
- Parte 9 Áreas de Estação e Parques;
- Parte 10 Ligações Exteriores;
- Parte 11 Sinalização;
- Parte 12 Terceiros;
- Parte 13 Especificações dos Componentes;
- Parte 14 Manutenção;
- Parte 15 Regras de Projeto do Sistema RCT+TP.

Na Parte 2 faz-se uma apresentação geral do funcionamento do sistema de 25 kV.

2. OBJETIVO

O objetivo principal da presente Parte é evidenciar quais as alternativas que se podem adotar e quais os critérios a considerar para a sua seleção.

A escolha do sistema a utilizar será igualmente analisada em termos do seu interesse num sistema de ligação à terra.

3. ÂMBITO

Na presente Parte é efetuada uma introdução geral ao sistema de fornecimento de energia a 25 kV (ST, RT e AT) e ao sistema de ligação à terra. Como tal, a mesma possui um carácter informativo, enquanto as restantes, com a exceção da Parte 12, têm carácter Normativo.

4. DOCUMENTOS

Os documentos de referência base utilizados para o desenvolvimento constam da parte 1 da GR.IT.GER.002 v06 e integram a seguinte informação:

- Normas internacionais aplicáveis;
- Documentos de base;
- Pressupostos base;
- Pressupostos aplicáveis a uma linha a 3 carris.

5. ABREVIATURAS E DEFINIÇÕES

As Abreviaturas e definições utilizadas constam do ponto 4 da parte 1 desta GR.IT.GER.002 v06.

6. PRINCÍPIOS GERAIS DE FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA DE 25 kV

6.1. Subestação – lado primário

A alimentação de uma subestação de tração a 25 kV faz-se por intermédio de uma linha de distribuição trifásica (ou bifásica) de alta tensão.

A distribuição à Subestação de Tração é, no caso do exemplo utilizado na *Figura 1*, efetuada a 150 kV.

Na Subestação a tensão será transformada para o nível adequado.

Para os sistemas RT e ST este nível é de 25 kV (o valor da tensão em vazio será superior).

Nos sistemas AT, os 150 kV são transformados para 2x25 kV por intermédio de dois enrolamentos secundários de 25 kV cada. Estes dois enrolamentos serão ligados (internamente) para que, com o ponto central ligado aos carris, haja uma tensão de +25 kV no fio de contacto e de -25 kV no “feeder”. As tensões no fio de contacto e no “feeder” estão em oposição de fase.

Cada Subestação alimenta um conjunto de sectores de catenária. Estes sectores estão separados de outros sectores alimentados por outras Subestações para impedir a circulação de correntes paralelas na rede de distribuição em alta tensão. Na catenária esta separação tem o nome de Zona Neutra.

No entanto, no caso de avaria numa Subestação ou durante os períodos de manutenção, é possível uma Subestação alimentar a catenária da Subestação adjacente. Para tornar possível esta funcionalidade é necessária a operação de seccionadores.

6.2. Configurações usadas no fornecimento de energia de tração a 25 kV

O sistema de catenária está dividido em secções.

Ao contrário dos sistemas DC, o fornecimento de energia a 25 kV é comparável a uma configuração típica de distribuição em estrela.

O transformador da subestação alimenta a catenária com uma tensão nominal de 25 kV.

Para o transporte de energia a 25 kV três sistemas são possíveis: ST, RT ou AT. O sistema “Booster Transformer” (BT) não será tratado nesta especificação, dado que não é utilizado em Portugal nem está prevista a sua futura aplicação.

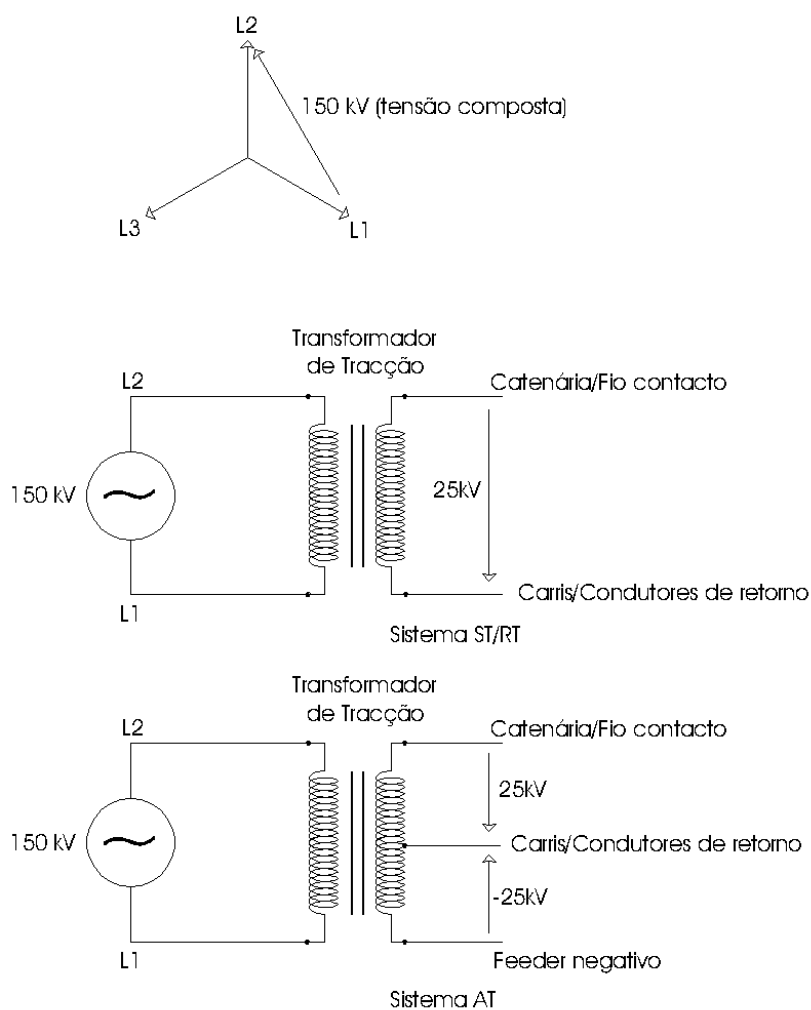


Figura 1- Apresentação geral do lado primário da subestação

Na catenária, estes sistemas podem ser reconhecidos pelo CDTA e/ou pelo “feeder” (ver *Figura 2*).

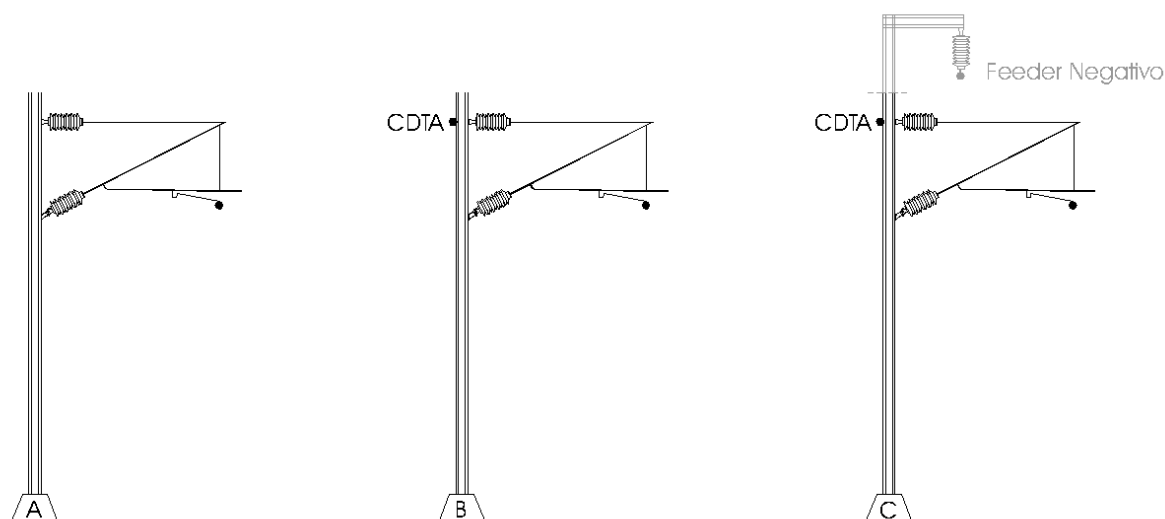


Figura 2- Configurações de catenária nos sistemas ST (a), RT (b) e AT (c)

6.2.1. Sistema ST

O sistema ST (sistema tradicional) é o sistema de 25 kV mais simples.

A catenária baseia-se apenas na utilização de um fio de contacto e (eventualmente) um cabo de suporte.

O sistema utiliza também um cabo de terra enterrado (CDTE) que é colocado em cada caminho de cabos existente.

Assim, o sistema de corrente de retorno de tração e de ligação à terra consiste apenas nos carris e no CDTE (ver *Figura 3*).

Este sistema é simples e relativamente económico, mas apresenta algumas desvantagens.

Devido ao facto de a corrente circular numa malha de grande dimensão, desde a Subestação até à carga através da catenária, e de novo até à Subestação através dos carris, do CDTE e do solo, a impedância vista pelo pantógrafo é bastante elevada. Este facto limita a distância para o fornecimento de energia.

Uma segunda consequência está no facto de um sistema deste tipo produzir campos magnéticos elevados, devido à grande distância que separa os condutores que transportam a maior parte da corrente de tração.

Devido ao número limitado de condutores para o retorno da corrente de tração, a fração da corrente transportada pelo solo é também relativamente elevada. Estas desvantagens condicionam a utilização do sistema ST.

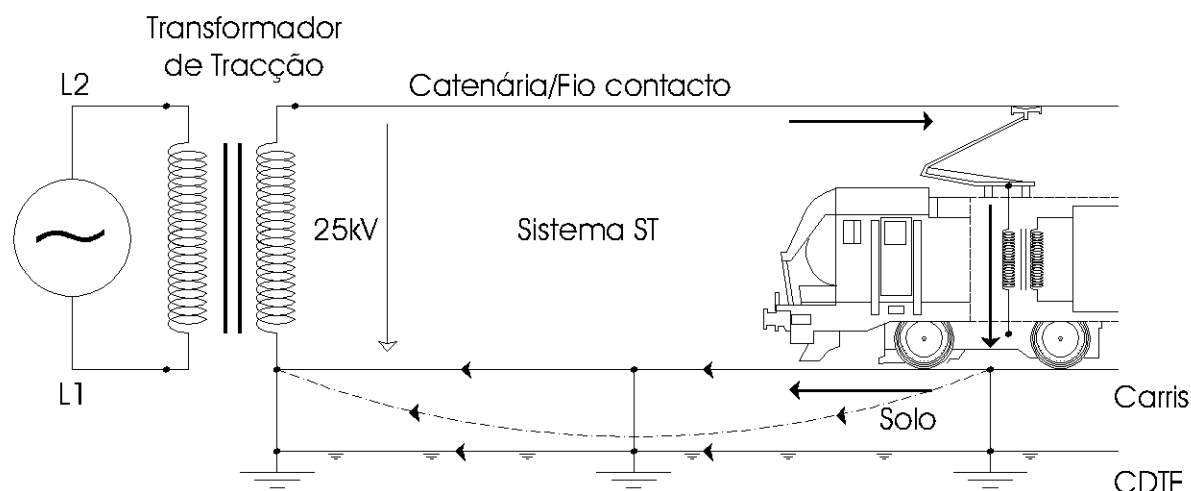


Figura 3 – Retorno da corrente de tração no sistema ST

6.2.2. Sistema RT

O segundo sistema é o RT (sistema com condutores de retorno).

O sistema de retorno da corrente de tração e de terras baseia-se nos carris, num cabo de terra aéreo (CDTA) contínuo e pelo menos num cabo de terra enterrado (CDTE).

Se existirem mais do que um caminho de cabos haverá em cada um deles um CDTE.

Os condutores do sistema de retorno da corrente são ligados entre si a intervalos regulares para que a corrente de retorno no sistema se distribua pelos vários condutores.

Colocando o CDTA na proximidade do fio de contacto, o acoplamento magnético mútuo entre o CDTA e o fio de contacto reduz a impedância do sistema. Este fenómeno tem um comportamento idêntico ao de um transformador com enrolamentos primário e secundário. Como consequência, uma parte considerável de corrente circula no CDTA (aproximadamente 20%), que é superior ao que se obteria se o circuito de distribuição fosse puramente resistivo.

Como consequência a quantidade de corrente de retorno que circula no solo é menor do que a que se verifica no sistema ST (ver Figura 4).

Do ponto de vista da CEM a emissão de campo magnético do sistema é menor do que no caso do sistema ST (ver também Figura 8).

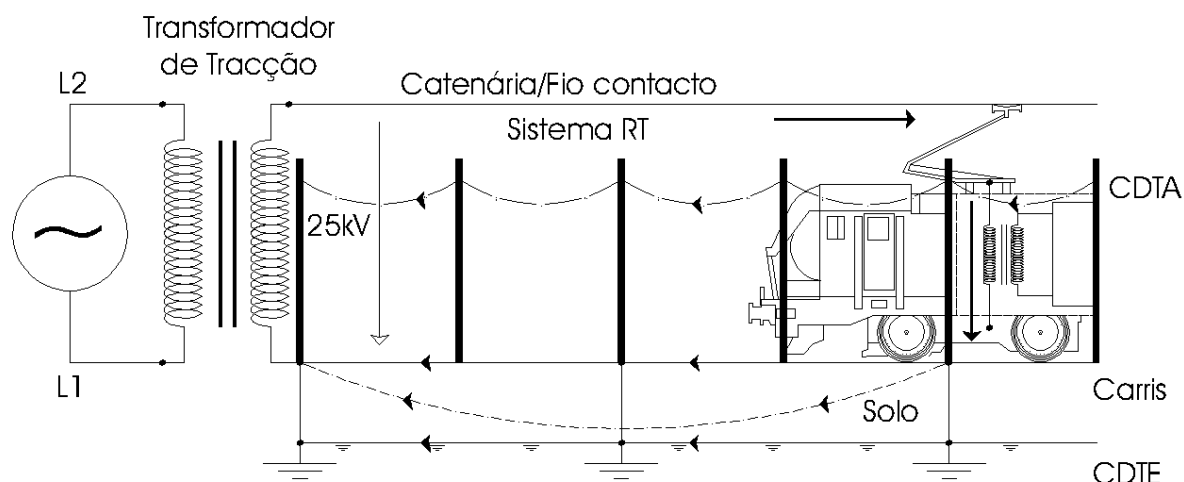


Figura 4 - Funcionamento do sistema RT

6.2.3. Sistema AT

Quando estão em jogo o fornecimento e a distribuição a grande distância de energia com valores elevados, é aconselhável a utilização do sistema AT (sistema de Auto Transformadores)

Neste sistema, há que distinguir entre o transporte e o fornecimento de energia às composições.

A composição é alimentada a 25 kV.

A Subestação alimenta a catenária (fio de contacto + cabo de suporte) a uma tensão de +25 kV, mas simultaneamente alimenta os Autotransformadores a uma tensão de -25 kV. Como resultado o transporte de energia entre a Subestação e os Autotransformadores é efectuado a uma tensão de 50 kV (ver Figura 5).

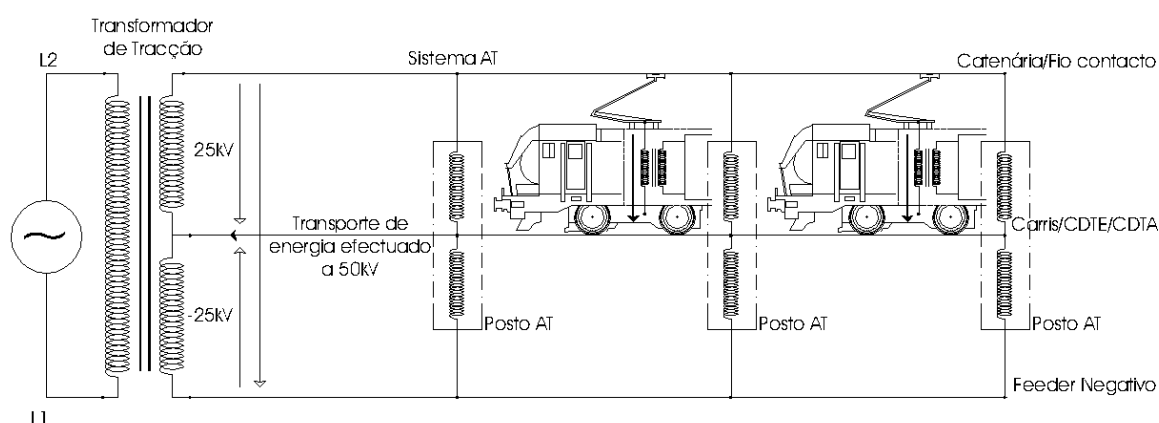


Figura 5 - Transporte de energia a 50 kV e alimentação das composições a 25 kV

Quando uma composição ocupa uma secção situada entre dois Autotransformadores conforme se representa na Figura 6, a Subestação está a alimentar a composição por intermédio de dois postos AT. Por outro lado, a corrente de tracção flui através de dois Autotransformadores, retornando de seguida à Subestação essencialmente através do "feeder".

Quando uma composição se encontra entre dois Autotransformadores, a corrente de retorno nas secções adjacentes do sistema AT (nas quais a composição não se encontra) circula essencialmente através do “feeder negativo”.

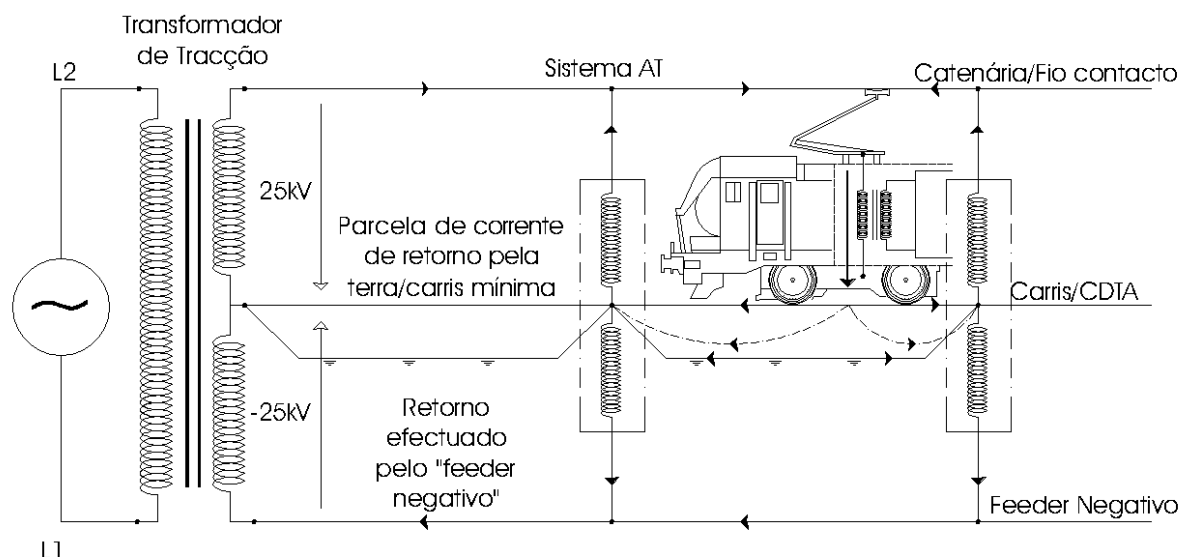


Figura 6 - Corrente de retorno de tração através dos carris e do solo numa secção

Assim, a corrente de tração nos carris e no solo nestas secções adjacentes é mínima, quando comparada com a totalidade da corrente de tração (ver também Figura 7).

Para uma melhor compreensão do sistema, a Figura 7 mostra o fluxo da corrente num sistema AT. O número de setas traduz a quantidade de corrente em cada condutor.

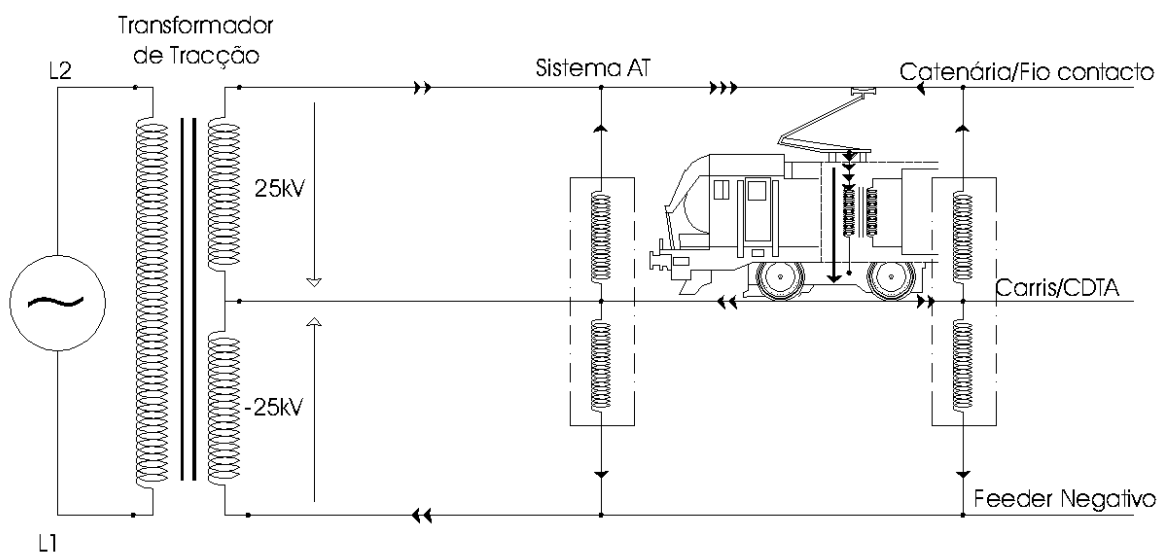


Figura 7 - Apresentação geral da distribuição de corrente no sistema AT

6.3. Emissão de campo magnético H em sistemas de 25 kV

Uma característica importante destes sistemas de alimentação de energia de tração é a emissão de campos magnéticos de frequências elevadas.

Estes campos constituem um agente perturbador significativo das instalações de sinalização e telecomunicações, das instalações de terceiros, bem como são igualmente responsáveis pelas tensões de passo e contacto.

Sistema ST

Para o sistema ST, visto a corrente circular em malhas bastante grandes, a emissão de campos magnéticos é bastante elevada (ver *Figura 8*).

Sistema RT

No sistema RT uma parte considerável da corrente de retorno de tração circula no CDTA.

O campo magnético produzido por estas correntes anula parcialmente o campo magnético produzido pela corrente que circula na catenária.

Deste modo o campo magnético é menor quando comparado com o do sistema ST.

Sistema AT

Nos sistemas AT, distinguem-se duas situações:

1. A composição está numa secção entre dois Autotransformadores: nesta secção a emissão pode ser calculada;
2. A composição não está numa secção entre dois Autotransformadores: nesta secção, sem comboios, a emissão pode igualmente ser calculada.

A composição é alimentada em duas direcções. Uma parte da corrente circula no “feeder”. O campo magnético H produzido por esta corrente, anula parcialmente o campo magnético H da corrente na catenária. Este facto contribui para reduzir a emissão. Como resultado, esta é relativamente mais baixa do que aquela que é produzida pelo sistema RT (ver *Figura 8*).

Na secção entre a Subestação e um Posto AT quase toda a corrente circula na catenária e no “feeder”. Apenas uma pequena parcela circula nos carris, no solo e no CDTA. O campo magnético H da corrente no “feeder” compensa largamente o campo magnético H da corrente na catenária, sendo a emissão resultante ainda menor (ver *Figura 8*).

Nota: Os valores dos campos magnéticos estão calculados para uma carga de 1.000 A/via. Para uma carga menor, os campos magnéticos associados reduzir-se-ão em conformidade.

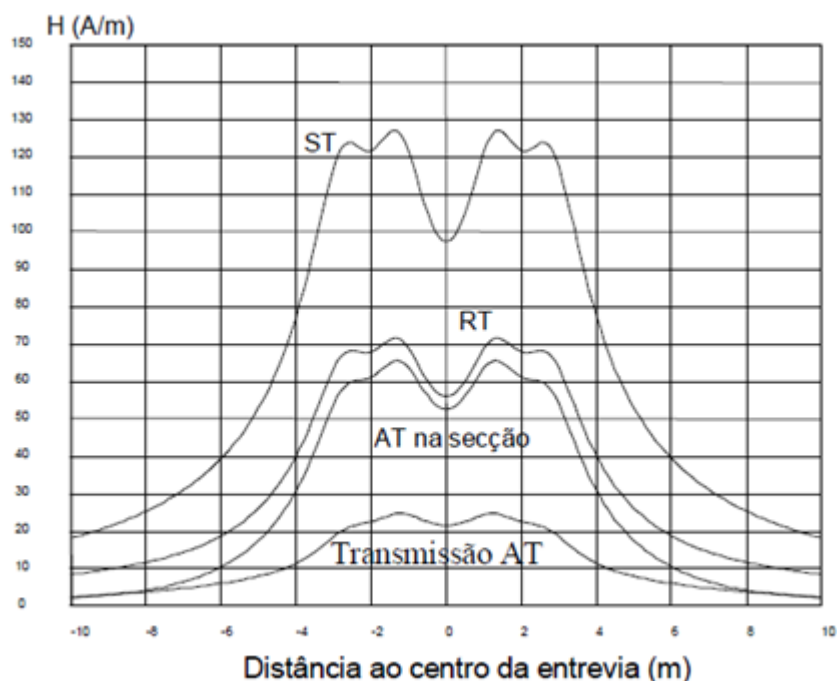


Figura 8 - Amplitude do campo magnético a 50 Hz registado a 1m de altura acima do plano de rolamento para igual solicitação de energia em via dupla

6.4. Escolhas de sistema

Para cada caso específico a escolha do sistema a utilizar deve atender a critérios técnicos e económicos.

Do ponto de vista da alimentação de energia, minimizar as distâncias de transporte é um fator de decisão crítico.

Do ponto de vista da CEM, a emissão do sistema constitui um fator importante. Para vias com um elevado consumo de energia, é preferível o sistema AT.

Da mesma forma, as correntes no solo podem ser um fator decisivo na presença de terceiros na vizinhança próxima das vias (tais como indústrias, cabos e tubos no solo), já que as correntes de retorno de tração podem prejudicar esses mesmos sistemas. Podem ser seguidas as seguintes regras:

AT (opcional, melhor solução)

Os sistemas AT são utilizados em linhas de elevado consumo de energia:

- Linhas principais;
- Transporte pesado;
- Comboios de alta velocidade;

- Em linhas novas a 3 carris cuja performance e desempenho se pretendem elevados, tal como serão elevados os níveis de consumo de energia, a solução preferencial será a do tipo AT.

RT (obrigatório)

Os sistemas RT são utilizados em linhas de médio consumo de energia:

- Linhas principais;
- Linhas desviadas;
- Vias exteriores em áreas de parques ou estações.

ST (apenas em combinação com RT)

Os sistemas ST são utilizados em linhas de baixo consumo de energia:

- Áreas de parques e estações, exceto nas vias exteriores.



Co-financiamento da União Europeia
Rede Transeuropeia de Transportes (RTE-T)

A presente publicação é da exclusiva responsabilidade do autor. A União Europeia não se responsabiliza pela eventual utilização das informações nela contida.