

电力系统分析

—第12章— 牵引供电系统潮流计算

主讲教师：符玲

西南交通大学 电气工程学院





-第12章- 牵引供电系统潮流计算



-第12.1节- 牵引供电系统潮流计算概述

-第12.2节- 单线牵引网潮流计算

-第12.3节- 复线牵引网潮流计算

-第12.4节- 复现牵引网潮流计算算例

-第12.1节- 牵引供电系统潮流计算概述



- **牵引供电系统负荷特殊性**

冲击性强、波动范围宽、移动性、不平衡性等

- **牵引供电系统潮流计算与电力系统潮流计算的关系**

若与电力系统合并进行**同步潮流计算**，则牵引供电系统潮流计算本质上是一个不对称潮流计算。通常单独对牵引供电系统进行潮流计算，也可与电力系统进行**异步潮流计算**，即先假设牵引供电系统为电力系统的一个用户进行牵引网潮流计算，再把计算结果作为条件进行电力系统潮流计算。

-第12.1节- 牵引供电系统潮流计算概述



- **牵引供电系统潮流计算目的**

为设备选择提供依据、对牵引供电系统技术指标进行评估。
在牵引供电系统的工程设计中，**牵引网电压水平**是设计者关心的主要技术指标，同时电力机车运行对**供电最低电压**存在要求。

- **牵引供电系统潮流计算内容**

牵引网的电压最低值是潮流计算需要考察的重要指标，即牵引网的**电压损失**是潮流计算需要计算的技术参数。由于牵引输出功率数据难以取得，而牵引网电流则可根据经验确定，因此以电流源表示牵引负荷。

-第12.2节- 单线牵引网潮流计算

为简化计算,单线电气化铁路牵引网的电路模型可用一个串联阻抗表示,如图1所示。设机车处于距离牵引变电所 l 处,牵引网单位长阻抗为 $z = r + \mathrm{j}x$,机车取流为 $\dot{I} = I \angle -\varphi$,则有:

$$\begin{aligned}\Delta \dot{U} &= (r + \mathrm{j}x)lI \angle -\varphi \\ &= rlI \angle -\varphi + \mathrm{j}xlI \angle -\varphi \quad (12-1) \\ &= rlI \angle -\varphi + xlI \angle 90^\circ - \varphi\end{aligned}$$

因此有:

$$\Delta U = \operatorname{Re}(\Delta \dot{U}) = (r \times \cos \varphi + x \times \sin \varphi) \times l \times I = Z' \times l \times I \quad (12-2)$$

Z' 为实数, 可称之为牵引网单位等效阻抗, 用于电压损失计算。

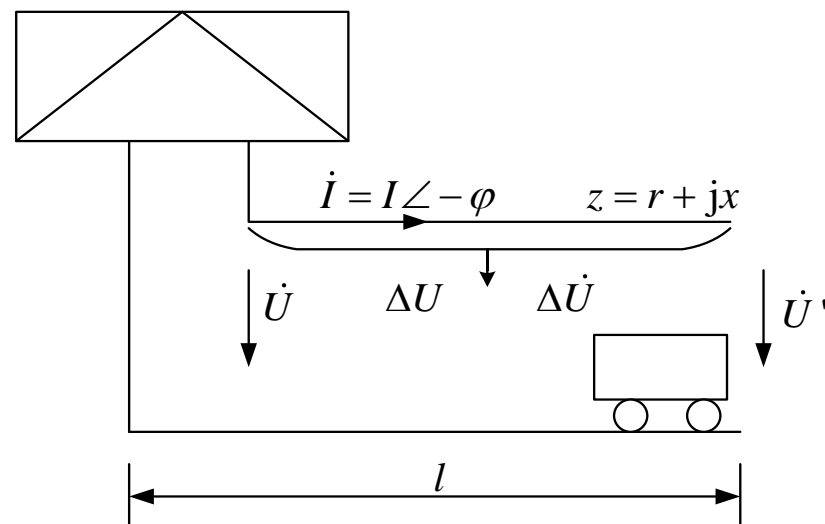


图1 单线牵引网电路计算模型

-第12.2节- 单线牵引网潮流计算

当在一个供电臂上不止一台机车在运行时，则可应用叠加原理对电压损失进行计算，假设供电臂上有 n 台机车，各机车取流为 I_k ，功率因素均为 $\cos \varphi$ ， l_k 为第 k 台机车与牵引变电所的距离，牵引网单位等效阻抗为 $z' = r \cos \varphi + x \sin \varphi$ ，则第 k 台机车处的电压损失为：

$$\begin{aligned}\Delta U_k &= \sum_{i=1}^k \Delta U'_i + \sum_{i=k+1}^n \Delta U''_i \\ &= \sum_{i=1}^k I_i \cdot z' \cdot l_i + \sum_{i=k+1}^n I_i \cdot z' \cdot l_k \\ &= z' \left(\sum_{i=1}^k I_i \cdot l_i + \sum_{i=k+1}^n I_i \cdot l_k \right)\end{aligned}\tag{12-3}$$

最大压损在最末端机车处，即：

$$\Delta U_{\max} = z' \sum_{k=1}^n l_k I_k\tag{12-4}$$

-第12.2节- 单线牵引网潮流计算

$l_k I_k$ 称为电流矩，实际上各机车功率因素不等，则供电分区末端压降为：

$$\begin{aligned}\Delta \dot{U} &= z l_1 \sum_{i=1}^n \dot{I}_i + z(l_2 - l_1) \sum_{i=2}^n \dot{I}_i + \cdots z(l_n - l_{n-1}) \dot{I}_n \\ &= z \sum_{i=1}^n \dot{I}_i \cdot l_i\end{aligned}\quad (12-5)$$

工程应用中，由于功率因数角不大，电压损失近似等于电压降的实部。

-第12.3节- 复线牵引网潮流计算

复线电气化铁路牵引供电系统电路计算模型如图2所示，假设上行接触网和下行接触网单位长度阻抗为 $z_I = z_{II} = z$ ，单位长度互阻抗为 $z_{I II} = z_m$ ，显然，机车所处位置为接触网电压最低处，为了计算电压损失，需要确定接触网的电流分配关系。

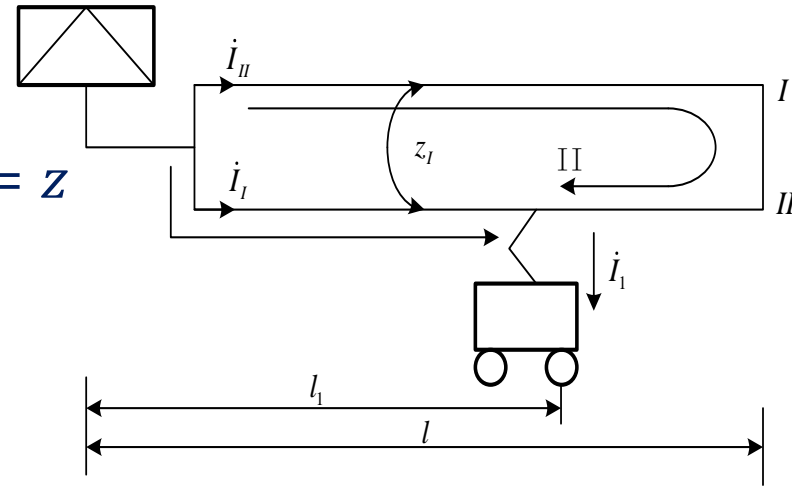


图2 复线牵引网电路计算模型

电流 i_I 流动的路径为短回路，电流 i_{II} 流动的路径为长回路，在复线牵引网电压损失计算时，首先要确定牵引负荷电流在长回路和短回路的分配关系。由图2可知：

$$z l_1 \dot{I}_I + z_m l_1 \dot{I}_{II} = z (2l - l_1) \dot{I}_{II} + z_m l_1 \dot{I}_I - 2z_m (l - l_1) \dot{I}_{II} \quad (12-6)$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_I + \dot{I}_{II} \quad (12-7)$$

-第12.3节- 复线牵引网潮流计算



由式(12-6)和式(12-7)可得到:

$$\begin{cases} \dot{I}_{\text{I}} = \frac{2l - l_1}{2l} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_{\text{II}} = \frac{l_1}{2l} \dot{I}_1 \end{cases} \quad (12-8)$$

当牵引网向多台机车供电时, 可以应用叠加原理获得电流负荷电流在网上的分配关系。

在进行牵引网电压水平计算时, 考虑的是牵引网极端的电压下降, 以校验牵引变电所所址的选择及采取的改善网上电压水平的技术措施是否有效, 通常考虑列车紧密运行情况下的网压水平。

。

-第12.4节- 复线牵引网潮流计算算例

例1 某复线电气化铁路中，牵引变电所的某一供电臂向三相列车供电，牵引网参数、列车位置和负荷数据如图3所示，计算牵引网的电压损失。

解：(1)按条件，确定列车位置及取流，见图3

(2)取得复线牵引网阻抗参数：

$$z' = 0.6\Omega / \text{km}$$

$$z'_m = 0.1\Omega / \text{km}$$

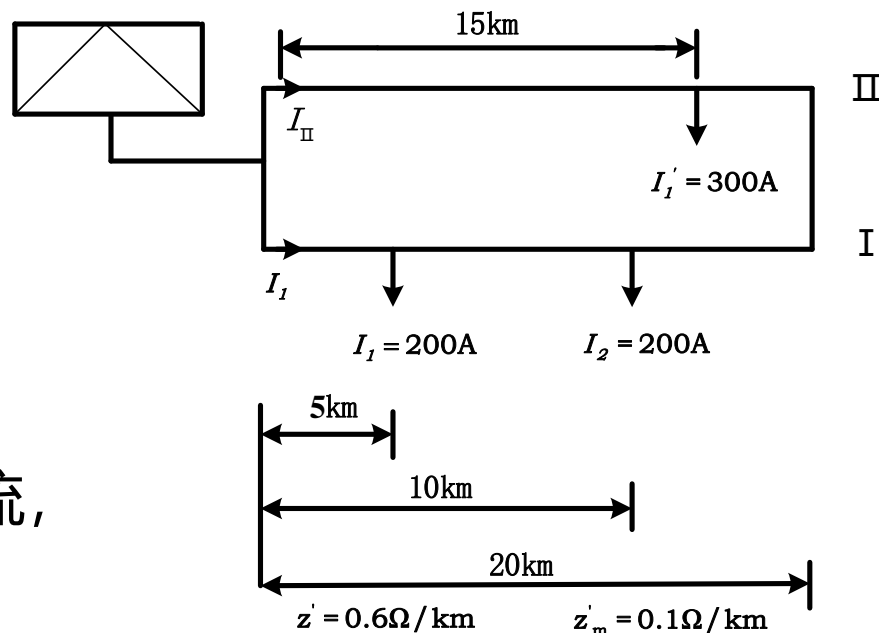


图3 复线牵引网负荷示意图

-第12.4节- 复线牵引网潮流计算算例



(3) 计算 I_I 和 I_{II}

$$I_I = \left(\frac{35}{40} \times 200 + \frac{30}{40} \times 200 + \frac{15}{40} \times 300 \right) A = 437.5 A$$

$$I_{II} = \left(\frac{5}{40} \times 200 + \frac{10}{40} \times 200 + \frac{25}{40} \times 300 \right) A = 262.5 A$$

(4) 计算各段牵引网电流，见图4。

(5) 导线电流分界点

当两边电流均流入该点时，该点电位最低。

(6) 计算分流点牵引网压损

$$\Delta U = [0.6 \times 15 \times 262.5 + 0.1 \times (437.5 \times 5 + 237.5 \times 5 + 37.5 \times 5)] V = 2718.75 V$$

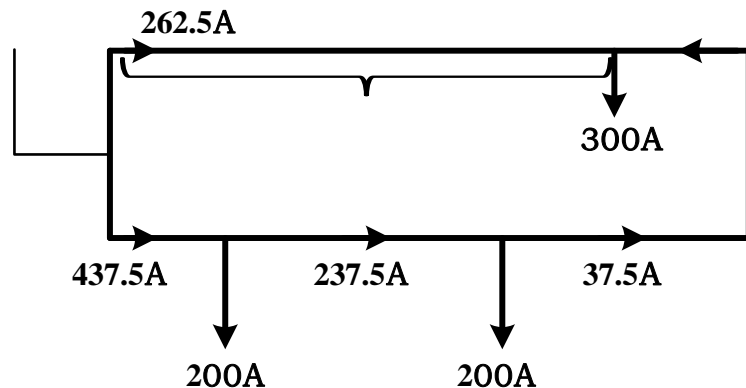


图4 各段牵引网电流分布图



End
谢谢

