

电气化铁路 AT 牵引供电方式电流分布的理论计算及仿真

王洪帅¹,徐青山¹,袁宇波²
(1.东南大学电气工程系,江苏 南京 210096;2.江苏省电力公司电力科学研究院,江苏 南京 211103)

摘 要:以京沪高铁为背景,针对电气化铁路自耦变压器(AT)牵引供电方式,详细推导了单线运行和双线上、下行通过分区所并联运行时的牵引网电流分布的计算公式,并比较了忽略和计及保护线以及线路互感 2 种情况下电流分布的异同。基于 MATLAB 建立了牵引变压器和牵引网的仿真模型,通过仿真验证了电流分布公式的有效性。对于模拟机车实际运行情况,分析牵引网线路故障的影响具有参考价值。

关键词:电气化铁路;AT 牵引供电;电流分布;理论计算
中图分类号:U224.2 文献标识码:B

文章编号:1009-0665(2011)04-0034-05

随着国内高速电气化铁路建设的快速发展,高铁技术的研究及应用越来越成为学术和工程研究的热点之一。电气化铁路自耦变压器(AT)牵引供电方式,由于变电所间距大,可以大大减少电分相的数量,并且牵引网阻抗小,能显著减小牵引网电压损失,改善供电质量;而且 AT 供电方式对通信线路的影响较小,因此,高速电气化铁路广泛采用 AT 供电方式。

1 AT 牵引供电方式

AT 牵引供电方式即自耦变压器供电方式,发展于上世纪 70 年代,因其能有效减轻牵引网对通信线的干扰,又能适应高速、大功率电力机车运行。近年来在我国得到迅速发展。AT 供电方式每隔 10 km 左右在接触网与正馈线之间并联接入 1 台自耦变压器,绕组的中点与钢轨相连接。自耦变压器将牵引网的供电电压提高一倍,而供电电力机车的电压仍为 25 kV,其结构如图 1 所示,T 为接触线、R 为钢轨、F 为正馈线,AT 为自耦变压器。

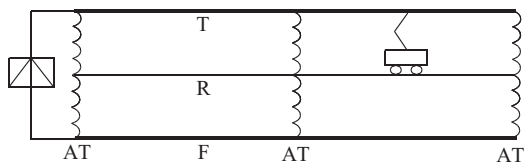


图 1 AT 供电方式结构图

2 单线 AT 网络电流分布

由于 AT 漏抗和钢轨对地漏导对牵引网电气计算的影响在一定程度上相互抵消,因此,假定钢轨对地漏导为 0,并忽略 AT 漏抗。在此假定条件下能简化计算量,不会对最终计算结果带来明显误差^[1]。

2.1 不计相互间的互感

实际电气化铁路牵引网的 T、R、F 之间存在着

互感,为了分析问题简便,首先推导不计互感情况下的电流分布公式。如图 2 所示,牵引网等间距(现实中为等间距)分布 3 个 AT,机车位于第 2 个与第 3 个 AT 的中点位置。

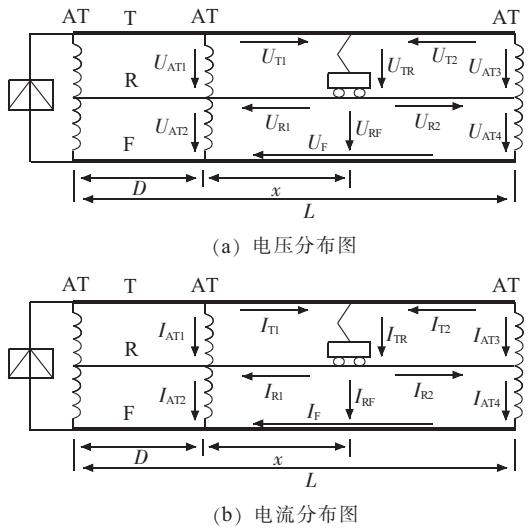


图 2 单线 AT 供电方式的电压和电流分布图

AT 两端分别与 T 和 F 并联,其一、二次绕组匝数比为 2:1,故由图 2(a)可得自耦变压器电压代数方程:

$$\begin{cases} \dot{U}_{AT1} = \dot{U}_{AT2} \\ \dot{U}_{AT3} = \dot{U}_{AT4} \\ \dot{U}_{AT1} = \dot{U}_{T1} + \dot{U}_{TR} + \dot{U}_{R1} \\ \dot{U}_{AT2} = -\dot{U}_{R1} + \dot{U}_{F1} + \dot{U}_{RF} \\ \dot{U}_{AT3} = \dot{U}_{T2} + \dot{U}_{TR} + \dot{U}_{R2} \\ \dot{U}_{AT4} = -\dot{U}_{R2} + \dot{U}_{RF} - \dot{U}_{F2} \end{cases} \quad (1)$$

各电压量分别为:

$$\begin{cases} \dot{U}_{T1} = \dot{I}_{T1} Z_T x \\ \dot{U}_{T2} = \dot{I}_{T2} Z_T (D-x) \\ \dot{U}_{R1} = \dot{I}_{R1} Z_R x \\ \dot{U}_{R2} = \dot{I}_{R2} Z_R (D-x) \\ \dot{U}_F = \dot{I}_F Z_F D \end{cases} \quad (2)$$

式中: \dot{U}_{RF} 为机车所在位置处R与F之间电压; \dot{U}_{F} 为整个区段内正馈线F上的电压降; D 为相邻2个AT间的距离,km; x 为列车距左端AT的距离,km; $Z_{\text{T}}, Z_{\text{R}}, Z_{\text{F}}$ 分别为T,R,F的自阻抗。

由于自耦变压器匝数比为2:1,由此可知 $\dot{U}_{\text{AT1}} - \dot{U}_{\text{AT3}} = \dot{U}_{\text{AT2}} - \dot{U}_{\text{AT4}}$,将电压代数方程带入此式整理可得:

$$\dot{U}_{\text{T1}} + 2\dot{U}_{\text{R1}} - \dot{U}_{\text{T2}} - 2\dot{U}_{\text{R2}} - \dot{U}_{\text{F}} = 0 \quad (3)$$

另外,忽略AT励磁电流,根据变压器磁通势平衡原理,则必有两绕组中电流大小相等,方向相反^[2],即 $\dot{I}_{\text{T2}} = \dot{I}_{\text{F}}$ 。图2(b)中根据基尔霍夫电流定律,可得电流代数方程:

$$\dot{I} = \dot{I}_{\text{T1}} + \dot{I}_{\text{T2}} \quad (4)$$

$$\dot{I}_{\text{T1}} = \dot{I}_{\text{R1}} + \dot{I}_{\text{F}} \quad (5)$$

$$\dot{I}_{\text{R2}} = \dot{I}_{\text{T2}} + \dot{I}_{\text{F}} \quad (6)$$

$$\dot{I}_{\text{T2}} = \dot{I}_{\text{F}} \quad (7)$$

联立方程(3—7),可得解:

$$\begin{cases} \dot{I}_{\text{T1}} = \frac{Z_{\text{F}} + 2Z_{\text{R}}}{Z_{\text{F}} + Z_{\text{T}} + 4Z_{\text{R}}} \frac{x}{D} \dot{I} \\ \dot{I}_{\text{T2}} = \dot{I}_{\text{F}} = \frac{Z_{\text{T}} + 2Z_{\text{R}}}{Z_{\text{F}} + Z_{\text{T}} + 4Z_{\text{R}}} \frac{x}{D} \dot{I} \\ \dot{I}_{\text{R1}} = (1 - \frac{2Z_{\text{T}} + 4Z_{\text{R}}}{Z_{\text{F}} + Z_{\text{T}} + 4Z_{\text{R}}} \frac{x}{D}) \dot{I} \\ \dot{I}_{\text{R2}} = \frac{2Z_{\text{T}} + 4Z_{\text{R}}}{Z_{\text{F}} + Z_{\text{T}} + 4Z_{\text{R}}} \frac{x}{D} \dot{I} \end{cases} \quad (8)$$

当接触悬挂和正馈线导线截面相等且悬挂位置对称时,有 $Z_{\text{T}} = Z_{\text{F}}$,则上式各电流量可简化为:

$$\begin{cases} \dot{I}_{\text{T1}} = (1 - \frac{x}{2D}) \dot{I} \\ \dot{I}_{\text{T2}} = \dot{I}_{\text{F}} = \frac{x}{2D} \dot{I} \\ \dot{I}_{\text{R1}} = (1 - \frac{x}{D}) \dot{I} \\ \dot{I}_{\text{R2}} = \frac{x}{D} \dot{I} \end{cases} \quad (9)$$

所以,不计互感时AT牵引网络中各电流与列车位置系数 $\frac{x}{D}$ 呈线性比例关系。

2.2 计及相互间的互感

当考虑T,R,F之间互感时,由上述分析知,仍有式(3—7)成立,但此时各电压量表示如下:

$$\dot{U}_{\text{T1}} = \dot{I}_{\text{T1}} Z_{\text{T}} x - \dot{I}_{\text{R1}} Z_{\text{TR}} x - \dot{I}_{\text{F}} Z_{\text{TF}} x \quad (10)$$

$$\dot{U}_{\text{T2}} = \dot{I}_{\text{T2}} Z_{\text{T}} (D-x) - \dot{I}_{\text{R2}} Z_{\text{TR}} x + \dot{I}_{\text{F}} Z_{\text{TF}} (D-x) \quad (11)$$

$$\dot{U}_{\text{R1}} = \dot{I}_{\text{R1}} Z_{\text{R}} x - \dot{I}_{\text{T1}} Z_{\text{TR}} x + \dot{I}_{\text{F}} Z_{\text{RF}} x \quad (12)$$

$$\dot{U}_{\text{R2}} = \dot{I}_{\text{R2}} Z_{\text{R}} (D-x) - \dot{I}_{\text{T2}} Z_{\text{TR}} (D-x) - \dot{I}_{\text{F}} Z_{\text{RF}} (D-x) \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_{\text{F}} = & \dot{I}_{\text{F}} Z_{\text{F}} D - \dot{I}_{\text{T1}} Z_{\text{TF}} x + \dot{I}_{\text{T2}} Z_{\text{TF}} (D-x) + \\ & \dot{I}_{\text{R1}} Z_{\text{RF}} x - \dot{I}_{\text{R2}} Z_{\text{RF}} (D-x) \end{aligned} \quad (14)$$

式(10—14)中: $Z_{\text{T}}, Z_{\text{R}}, Z_{\text{F}}$ 与上面的意义相同; $Z_{\text{TF}}, Z_{\text{TR}}, Z_{\text{RF}}$ 分别为接触悬挂、正馈线、钢轨之间的互阻抗。

当接触悬挂和正馈线导线截面相等且悬挂位置对称时, $Z_{\text{T}} = Z_{\text{F}}$ 。将式(10—14)代入方程式(3—7),重新解方程组,得:

$$\begin{cases} \dot{I}_{\text{T1}} = (1 - \frac{x}{2D}) \dot{I} \\ \dot{I}_{\text{T2}} = \dot{I}_{\text{F}} = \frac{x}{2D} \dot{I} \\ \dot{I}_{\text{R1}} = (1 - \frac{x}{D}) \dot{I} \\ \dot{I}_{\text{R2}} = \frac{x}{D} \dot{I} \end{cases} \quad (15)$$

由此可见,单线运行情况下,计及T,R,F之间互感与不计互感的计算结果完全一致,因此,T,R,F之间互感不影响电流分布结果。

2.3 有保护线的单线AT网络

实际工程中的AT供电方式,在钢轨上并联了一条架空保护线(PW)。PW的主要作用是避免接触网支柱的接地部分直接与钢轨相连,以减少对轨道电路的干扰。由于PW与钢轨并联,能够减少牵引网阻抗,当接触网发生接地故障时,PW为短路电流提供通路,有利于提高继电保护动作的可靠性。带保护线的单线AT网络如图3所示。

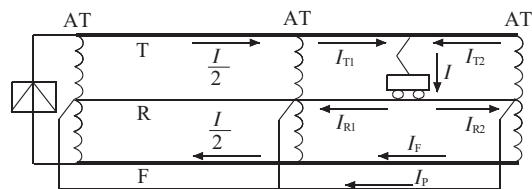


图3 有保护线单线AT网络的电流分布

类似于图2(a),图3中由基尔霍夫电压定律可以得到:

$$\dot{U}_{\text{T1}} + 2\dot{U}_{\text{R1}} - \dot{U}_{\text{T2}} - 2\dot{U}_{\text{R2}} - \dot{U}_{\text{F}} = 0 \quad (16)$$

$$\dot{U}_{\text{R1}} - \dot{U}_{\text{R2}} = \dot{U}_{\text{P}} \quad (17)$$

式(16,17)中:

$$\dot{U}_{\text{T1}} = \dot{I}_{\text{T1}} Z_{\text{T}} x - \dot{I}_{\text{R1}} Z_{\text{TR}} x - \dot{I}_{\text{F}} Z_{\text{TF}} x - \dot{I}_{\text{P}} Z_{\text{TP}} x \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_{\text{T2}} = & \dot{I}_{\text{T2}} Z_{\text{T}} (D-x) - \dot{I}_{\text{R2}} Z_{\text{TR}} (D-x) + \dot{I}_{\text{F}} Z_{\text{TF}} (D-x) + \\ & \dot{I}_{\text{P}} Z_{\text{TP}} (D-x) \end{aligned} \quad (19)$$

$$\dot{U}_{R1} = \dot{I}_{R1} Z_R x - \dot{I}_{T1} Z_{TR} x + \dot{I}_F Z_{RF} x + \dot{I}_P Z_{RP} x \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_{R2} = & \dot{I}_{R2} Z_R (D-x) - \dot{I}_{T2} Z_{TR} (D-x) - \dot{I}_F Z_{RF} (D-x) - \\ & \dot{I}_P Z_{RP} (D-x) \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_F = & \dot{I}_{T2} Z_{TF} (D-x) - \dot{I}_{R2} Z_{RF} (D-x) + \dot{I}_F Z_F D - \dot{I}_{T1} Z_{TF} x - \\ & \dot{I}_{R1} Z_{RF} x + \dot{I}_P Z_{FP} D \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_P = & \dot{I}_{T2} Z_{TP} (D-x) - \dot{I}_{R2} Z_{RP} (D-x) + \dot{I}_F Z_{FP} D - \dot{I}_{T1} Z_{TP} x - \\ & \dot{I}_{R1} Z_{RP} x + \dot{I}_P Z_P D \end{aligned} \quad (23)$$

式(18—23)中: Z_{PT} , Z_{PF} , Z_{PR} 分别为 PW 与 T, F, R 钢轨之间互阻抗;其他符号的意义与前面的一致。

将式(18—23)代入式(16,17)中整理得:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{T1} Z_1 x + \dot{I}_{R1} Z_2 x - \dot{I}_{T2} Z_1 (D-x) - \dot{I}_F Z_3 D - \dot{I}_P Z_4 D - \\ \dot{I}_{R2} Z_2 (D-x) = 0 \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_{T1} Z_5 x + \dot{I}_{R1} Z_6 x - \dot{I}_{T2} Z_5 (D-x) - \dot{I}_F Z_7 D - \dot{I}_P Z_8 D - \\ \dot{I}_{R2} Z_6 (D-x) = 0 \end{aligned} \quad (25)$$

式(24,25)中:

$$\begin{cases} Z_4 = Z_{PT} + Z_{PF} - 2Z_{PR} \\ Z_5 = Z_{PT} - Z_{TR} \\ Z_6 = Z_R - Z_{PR} \\ Z_7 = Z_{PF} - Z_{FR} \\ Z_8 = Z_P - Z_{PR} \end{cases} \quad (26)$$

同理,仍有式(4—7)成立。联立方程式(4—7)、式(24)、式(25),当 T 和 F 截面相等及导线相对位置对称,且 PW 至 T 和 F 的距离大致相等时,即有 $Z_1 = Z_3$, $Z_5 = Z_7$,解方程组并简化可得:

$$\begin{cases} \dot{I}_{T1} = (1 - \frac{x}{2D}) \dot{I} \\ \dot{I}_{T2} = \dot{I}_F = \frac{x}{2D} \dot{I} \\ \dot{I}_{R1} = (1 - \frac{x}{D}) \dot{I} \\ \dot{I}_{R2} = \frac{x}{D} \dot{I} \\ \dot{I}_P = 0 \end{cases} \quad (27)$$

有 $I_P = 0$ 可见,正常供电情况下,PW 的设置对 AT 网络电流分布没有影响。

3 双线 AT 网络电流分布

3.1 不计相互间的互感

双线上、下行通过分区所并联供电时,上行和下行的 T, F 分别并联,即 T1, T2 并联, F1, F2 并联,如图 4 所示。

图 4 中, n 为供电臂内 AT 段数; l 为列车至变

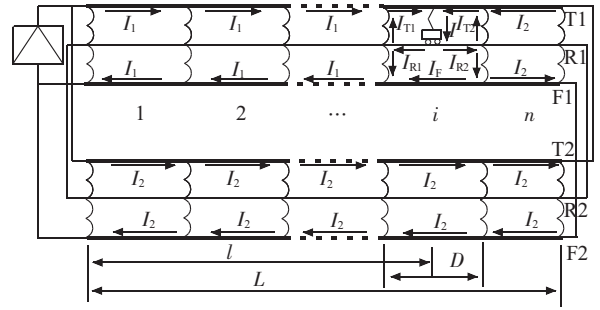


图 4 双线 n 个 AT 段分区所并联供电网络图

电所的距离, km; D 为相邻 AT 间的距离, km; L 为供电臂的长度, km; i 为列车所在 AT 段的序号。

当列车运行于第 i 段 AT 内,由对单线 AT 网络的分析可知,式(3—6)仍成立。忽略变压器的励磁电流,根据变压器磁通势平衡原理,则必有 2 绕组中电流大小相等,方向相反,则:

$$\dot{I}_{T1} - \dot{I}_1 = \dot{I}_1 - \dot{I}_F \quad (28)$$

$$\dot{I}_{T2} - \dot{I}_2 = \dot{I}_2 + \dot{I}_F \quad (29)$$

由图 4 可知,由于双线并联运行,故 T1 和 T2 的电压相等,即:

$$(i-1)\dot{U}_1 + \dot{U}_{T1} - \dot{U}_{T2} = (n+n-i)\dot{U}_2 \quad (30)$$

式(30)中:

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = \dot{I}_1 Z_T D \\ \dot{U}_2 = \dot{I}_2 Z_T D \\ \dot{U}_{T1} = \dot{I}_{T1} Z_T x \\ \dot{U}_{T2} = \dot{I}_{T2} Z_T (D-x) \end{cases} \quad (31)$$

代入式(30)整理可得:

$$\dot{I}_{T2} Z_T (D-x) + \dot{I}_2 Z_T (2n-i)D = \dot{I}_1 Z_T (i-1)D + \dot{I}_{T1} Z_T x \quad (32)$$

联立方程式(3—6)、式(28,29)、式(32),并且当接触悬挂和正馈线导线截面相等且悬挂位置对称时,即有 $Z_T = Z_F$,解方程组得:

$$\begin{cases} \dot{I}_{T1} = \left[\left(1 - \frac{i-1}{4n}\right) - \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4n}\right) \frac{x}{D} \right] \dot{I} \\ \dot{I}_{T2} = \left[\frac{i-1}{4n} + \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4n}\right) \frac{x}{D} \right] \dot{I} \\ \dot{I}_{R1} = \left(1 - \frac{x}{D}\right) \dot{I} \\ \dot{I}_{R2} = \frac{x}{D} \dot{I} \\ \dot{I}_F = \left[\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{4n}\right) \frac{x}{D} - \frac{i-1}{4n} \right] \dot{I} \\ \dot{I}_1 = \left(\frac{1}{2} - \frac{l}{4L}\right) \dot{I} \\ \dot{I}_2 = \frac{l}{4L} \dot{I} \end{cases} \quad (33)$$

双线上、下行并联 AT 网络的钢轨电流分布与单线网络完全相同,但 i_{T1}, i_{T2}, i_F 的分布与单线情况时不同。在相同的位置系数为 x/D 的情况下,双线 AT 网络的 i_{T1}, i_F 较单线时小,而 i_{T2} 则较大。但各导线中的电流变化仍与 x/D 呈线性关系。

当供电臂内含多个 AT 段时,不同 AT 段内的 i_{T1}, i_{T2}, i_F 的变化规律是不同的,但各电流曲线的斜率则与 AT 段的序号无关,可保持不变。

与单线 AT 网络一样,双线 AT 网络加保护线对网络的电流分布规律没有影响。

3.2 计及相互间的互感

当考虑 T,R,F 之间互感时,分析过程与不计互感时的情形完全一致,但此时式(32)需修改为:

$$\begin{aligned} & i_{T2} Z_T (D-x) - i_{R2} Z_{TR} (D-x) + i_F Z_{TF} (D-x) + i_2 (Z_R - Z_{TF}) \\ & (2n-i)D = (i_{T1} Z_T x - i_{R1} Z_{TR} x - i_F Z_{TF} x) + i_1 (Z_T - Z_{TF})(i-1)D \end{aligned}$$

(34)

联立方程式(3—6)、式(28,29)、式(34),并当 T 和 F 导线截面相等且悬挂位置对称时,即有 $Z_T=Z_F$,

$Z_{TR}=Z_{RF}$,解得的该方程组所得结果与式(33)一样。

通过比较上述 2 个推导结果发现,在双线上、下行通过分区所并联运行时,T,R,F 之间互感不影响牵引网络中电流分布。

4 MATLAB 仿真

基于 MATLAB/Simulink,对其电气化铁路牵引网络进行建模,对上述推导结果进行验证。

4.1 单线 AT 运行

单线运行时仿真模型如图 5 所示。牵引网中相邻 AT 间距离设为 10 km,共设置 3 个 AT,列车位于第 2 与第 3 个 AT 区段的中间位置,即公式中的 $x/D=1/2$ 。仿真时将线性变压器二次侧的 2 个绕组串联起来作为 AT,额定容量为 32 MV·A,额定电压为 27.5 kV,机车的容量为 8 800 kW。仿真结果如表 1 所示。

4.2 双线 AT 并联运行

双线上、下行并联运行仿真模型中,将下行 T, R,F 分别与上行中各线并联,其他各参数配置与单线运行时相同。仿真结果见表 2。模型如图 6 所示。

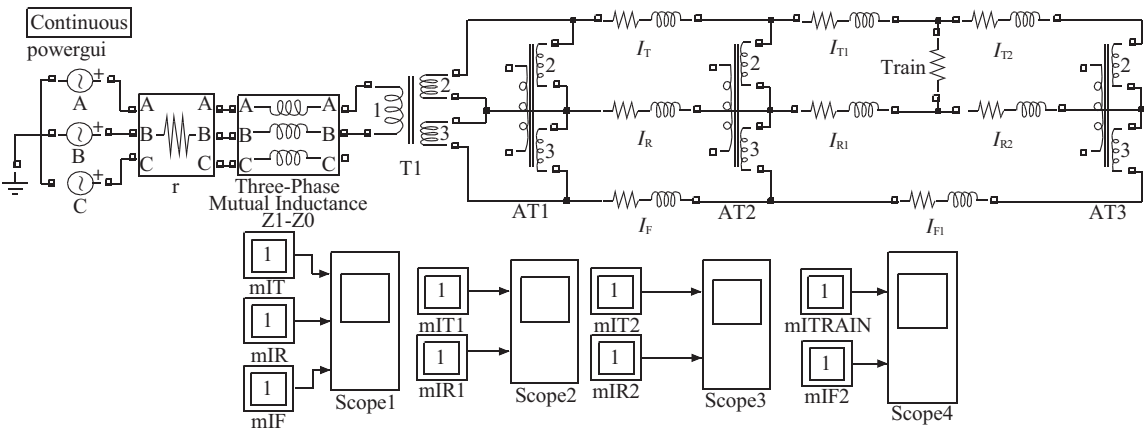


图 5 单线 AT 网络电流分布仿真图

表 1 单线运行时电流分布仿真结果

电流	I_T	I_R	I_F	I_{T1}	I_{R1}	I_{F1}	I_{T2}	I_{R2}	I_{Train}
仿真值 / A	369.9	11.4	358.8	540.7	358.7	181.9	176.2	358.1	716.8
理论值 / A	358.4	0	358.8	537.6	358.4	179.2	179.2	358.4	716.8
相对误差 / %	3.21	—	0.11	0.58	0.08	1.51	-1.67	-0.08	0

表 2 双线运行时电流分布仿真结果

电流	I_T	I_R	I_F	I_{T1}	I_{R1}	I_{F1}	I_{T2}	I_{R2}	I_{T3}	I_{R3}	I_{F3}	I_{T4}	I_{R4}	I_{F4}	I_{Train}
仿真值 / A	235.9	0.03	235.9	416.6	367.6	49.0	318.6	367.6	144.1	0	144.0	140.86	0.015	140.85	735.2
理论值 / A	229.75	0	229.75	413.55	367.6	45.95	321.65	367.6	137.85	0	137.85	137.85	0	137.85	735.2
相对误差 / %	2.68	—	2.68	0.74	0	6.64	-0.95	0	4.53	—	4.46	2.18	—	2.18	0

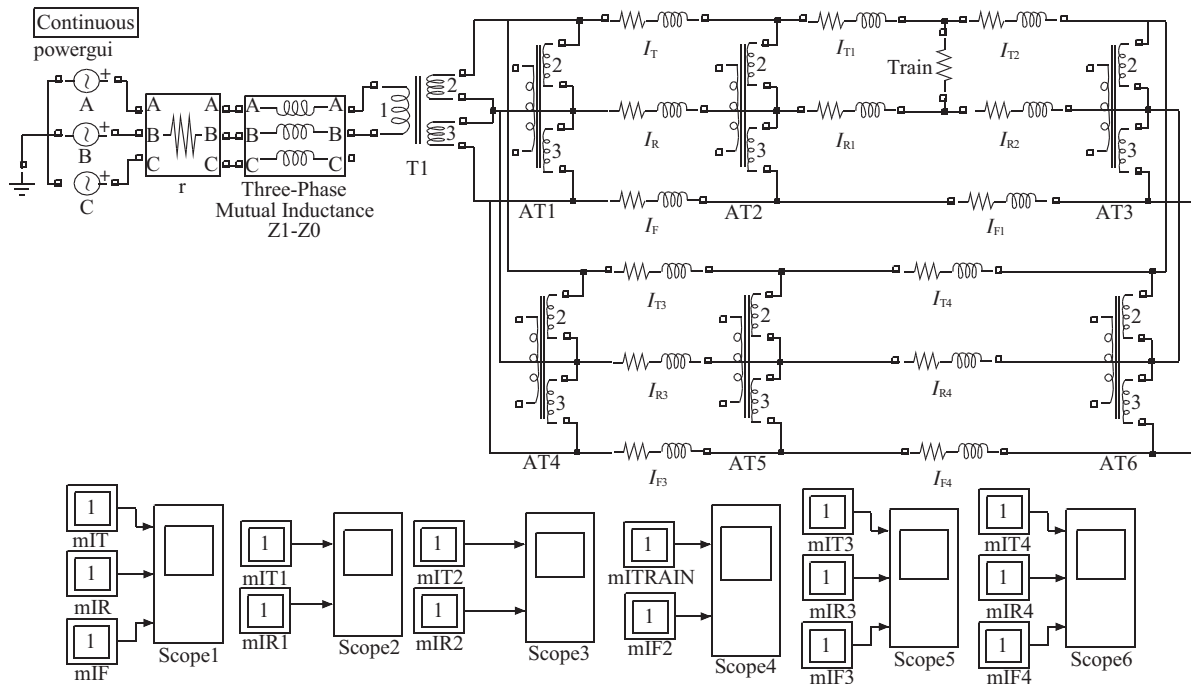


图 6 双线上、下行通过分区所并联运行仿真

5 结束语

对于电气化铁路 AT 牵引供电方式，本文推导了单线运行和双线上、下行通过分区所并联运行情况下的牵引网电流分布公式，并考虑到 PW 以及 T, R, F 之间的互感对推导计算的影响，结果表明，保护线以及线路互感不会对牵引网电流分布公式造成影响。通过 MATLAB 建模仿真，验证了电流分布公式的有效性。为模拟实际电气化铁路机车运行状况及牵引网故障分析提供有效参考。

参考文献：

[1] 谭秀炳. 交流电气化铁道牵引供电系统 [M]. 成都：西南交通大学出版社, 2007.
[2] 于万聚. 高速电气化铁路接触网 [M]. 成都：西南交通大学出版社, 2003.
[3] 铁道部电气化铁路局电气化勘测设计院. 电气化铁道设计手册 [M]. 北京：中国铁道出版社, 1988.

[4] HO T K, CHI Y L, SIU L K, et al. Traction Power System Simulation in Electrified Railways [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2005, 5(3): 93-107.
[5] HILL R J. Electric Railway Traction Part 3 Traction Power Supplies [J]. Power Engineering Journal, 1994, 8 (6): 275-286.
[6] 彭 晨. AT 供电方式在高速电气化铁路中的应用 [J]. 电气技术, 2009(9).
[7] 李自良, 陈 薇, 党 平, 等. 电气化铁道自耦变压器供电方式的原理分析 [J]. 电气化铁道, 1998(3): 12-18.

作者简介：

王洪帅 (1987-), 男, 山东泰安人, 硕士研究生, 专业方向为电力系统自动化;
徐青山 (1979-), 男, 江苏姜堰人, 博士生导师, 主要从事新能源与分布式发电领域的研究工作;
袁志波 (1975-), 男, 江苏丹阳人, 高级工程师, 主要从事电力系统继电保护的研究工作。

Theoretical Calculation and Simulation of the Current Distribution of Electrified Railway with AT Traction Power Supply

WANG Hong-shuai¹, XU Qing-shan¹, YUAN Yu-bo²

(1. School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China;

2. Jiangsu Electric Power Company Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: At the background of Beijing-Shanghai express railway, for the autotransformer (AT) traction power supply, the calculation formula of current distribution in traction power grid in the signal line operation or double line up and down parallel operation were deduced and given in detail. And the current distribution with or without the line protection and mutual inductance were also compared. The simulation models of traction transformer and traction grid were established in MATLAB, and the simulation results proved the effectiveness of the calculation formula of current distribution. The results can provide references for analog of locomotive actual operation situation and analysis of influences of line faults in traction grid.

Key words: electrified railway; AT traction power supply; current distribution; theoretical calculation