

25Hz XIANGMIN GUIDAO DIANLU
YUANLI WEIHU HE GUZHANG CHULI

25Hz相敏轨道电路

原理、维护和故障处理

李文海 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

25 Hz 相敏轨道电路 原理、维护和故障处理

李文海 主编

中国铁道出版社

2010年 北京

内 容 简 介

本书从电路原理、维护标准、维护方法、故障判断分析等方面,对电气化铁路站内 25 Hz 相敏轨道电路进行了简单明了的叙述,便于现场信号工学习掌握 25 Hz 相敏轨道电路的基本维护要领,便于现场车间技术人员快速掌握设备发生问题后的解决方法。

本书可供铁路信号现场技术人员学习和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

25 Hz 相敏轨道电路原理、维护和故障处理/李文海主编. —北京:
中国铁道出版社, 2010. 7
ISBN 978-7-113-11743-6

I. ①2… II. ①李… III. ①相敏轨道电路-基本知识
IV. ①U284. 23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 143854 号

书 名: 25 Hz 相敏轨道电路原理、维护和故障处理
作 者: 李文海 主编

责任编辑: 崔忠文 电话: (路) 021-73146 电子信箱: dianwu@vip.sina.com
封面设计: 崔欣
责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)
网 址: <http://www.tdpress.com>
印 刷: 北京精彩雅恒印刷有限公司
版 次: 2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷
开 本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张: 3.5 字数: 54 千
书 号: ISBN 978-7-113-11743-6
定 价: 16.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部联系调换。

联系电话: 路 (021) 73170, 市 (010) 51873170

打击盗版举报电话: 路 (021) 73187, 市 (010) 63549504

前 言

轨道电路是铁路信号系统的基础设备，是反映列车占用进路情况的基础环节，在铁路信号系统中占有较重要的地位。维护好轨道电路，发生故障及时处理是保证铁路信号系统正常高效运行的首要条件。因而掌握好轨道电路的原理、维护要领、电气性能以及故障处理，是现场信号设备维修人员的必备技能。

本书从电路原理、维护标准、维护方法、故障判断分析等方面，对电气化铁路站内 25 Hz 相敏轨道电路进行了简单明了的叙述，便于现场信号工学习掌握 25 Hz 相敏轨道电路的基本维护要领，便于现场车间技术人员快速掌握设备发生问题后的解决方法。

本书第一章、第二章的第三节、第三章的第四、五、六节由呼和浩特铁路局呼和电务段教育科科长李文海编写，第二章的第一节、第二节由呼和电务段教育科专职教员付宾德、集宁车间主任闫龙、段信号科工程师王飞编写，第三章第一节、第二节、第三节由呼和电务段包头检修检测车间副主任吴尧瑞、临河车间主任韩东辉编写。电务段朱振宇段长、总工程师李晏对全书提出了许多技术意见，电务处陈宏伟处长主审，电务处信号科长张建雄、高级工程师徐炳南审核，在此一并表示感谢！

由于编写水平有限，难免存在问题，敬请同仁提出宝贵意见。

编 者

2010 年 5 月

目 录

第一章 电路原理	1
第一节 25 Hz 相敏轨道电路的产生	1
第二节 交流二元继电器的工作原理	5
第三节 适配器、防护盒的工作原理	8
第四节 迂回电路的形成与克服方法	10
第五节 站内电码化	13
第二章 维 护	20
第一节 维护标准	20
第二节 维护要领	23
第三节 安全防护	28
第三章 故障处理	36
第一节 故障处理的基本方法	36
第二节 故障处理的必备技能	36
第三节 故障处理的基本程序	37
第四节 故障的判断与分析	39
第五节 特殊故障的处理	44
第六节 故障案例	45

第一章 电路原理

第一节 25 Hz 相敏轨道电路的产生

一、供电电路的设计

任何一个电路都由电源、负载、连接导线构成,电力机车用电电路也不例外,也是由电源、负载、连接导线构成。但是电力机车用电电路和一般意义上的电路有着明显不同,表现为负载(电力机车)是移动的。由于电力机车是移动的负载,所以电力机车与供电导线之间必须滑行接触,这就要求供电导线必须是裸露的导体。由于电力机车运行在钢轨上,供电的导线就必须架设在钢轨上方,同时要求架设的导线必须处在一个水平面上。如果采用双导线供电,由于在铁路线路上存在道岔,在道岔的上空四根双导线就会交叉在一起,导线又是裸露的,必然会形成供电导线混在一起,对供电电源短路,如图 1-1 所示。因

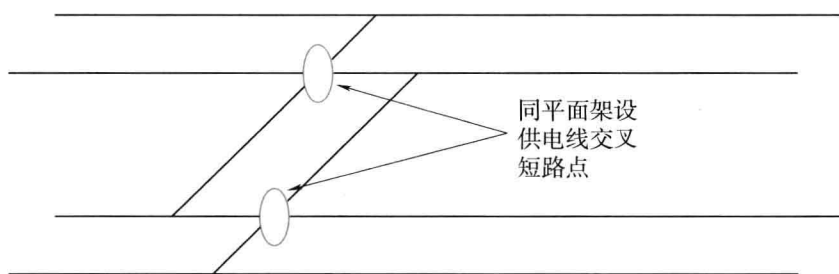


图 1-1 双线供电交叉示意图

而,不能采用双导线供电方式。供电部门设计了在钢轨上方架设与线路形状相同的单导线供电网,将其连接到电源一极上,机车用受电弓与网线滑行接触,从而和电源一极连接到了一起。电源的另一极如何与机车连接呢?供电部门利用了钢轨这个导体,也就是利用一定的方式,将电源和钢轨连接在一起,这样就实现了供电电源和机车的连接,电力机车可以得到电源而运行,如图 1-2 所示。

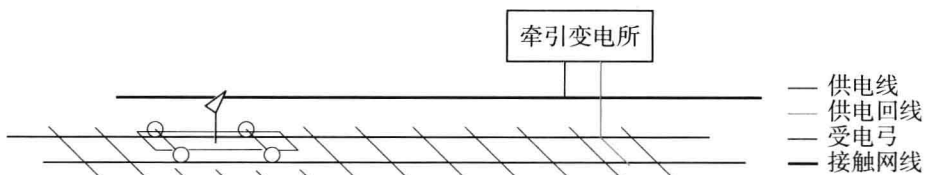


图 1-2 基本牵引供电示意图

二、供电方式

供电方式有 AT 供电方式、BT 供电方式、直供加回流方式。

AT 供电方式——利用自耦变压器设计的一种供电方式。

BT 供电方式——利用吸流变压器设计的一种供电方式。

直供加回流方式——利用回流线收集电流的一种供电方式。

呼和浩特铁路局管内全部采用直供加回流方式供电。如图 1-3 所示。

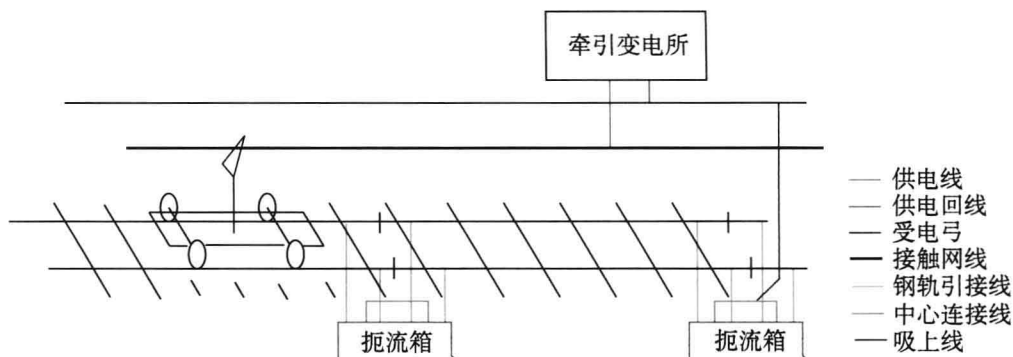


图 1-3 直供加回流方式供电示意图

三、利用钢轨传电存在的问题及解决办法

一是为了分割轨道电路,在钢轨上设置了大量的绝缘节,这样利用钢轨传输的供电电源就会受到绝缘节的堵截。二是轨道电路利用两条钢轨作为轨道信号一去一回的传输线,而机车供电电路将两条钢轨并接作为牵引电流的回线,因此在传输线的利用上轨道电路和机车供电电路存在矛盾,因而设计电路时必须解决好这两个问题。

为了解决这两个问题,研究设计了扼流变压器,利用扼流变压器的特点,解决绝缘堵截回流问题和化解钢轨“两线、一线”使用矛盾。扼流变压器的特点就是二次线圈(高压线圈)抽出 3 个抽头,如图 1-4 所示。在每个绝缘节两侧

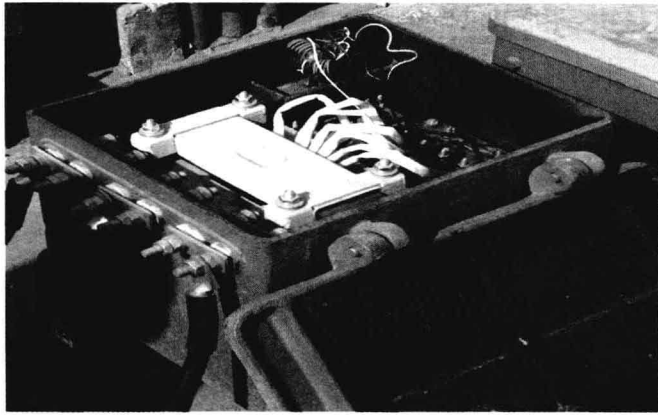


图 1-4 扼流变压器实物图

设置两台变压器,将中心抽头连接在一起。如图 1-5 所示,扼流变压器的一次线圈(信号线圈)、二次线圈的整圈作为轨道电路信号变压传输使用。钢轨中的牵引电流 I_1 、 I_2 经过扼流变压器高压线圈的两个半圈汇集到一起,经过中心连接线流向另一台扼流变压器的高压线圈,再经过该台扼流变压器高压线圈的两个半圈分流变为 I_3 、 I_4 流向钢轨,这样在钢轨绝缘处通过扼流变压器为牵引电流搭建了一条通道,使钢轨中的牵引电流可以顺利“通过”钢轨绝缘。同时扼流变压器一次线圈(信号线圈)中的轨道电流 I_5 、 I_6 在信号线圈上产生感应电压,变压到高压线圈的电压加载在钢轨上,通过两条钢轨传送轨道信号。这样解决了上述两个问题。

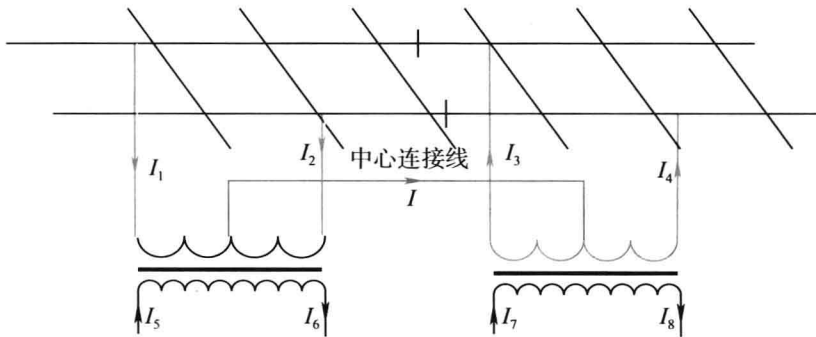


图 1-5 扼流变压器连接图

四、25 Hz 相敏轨道电路的结构

增设扼流变压器后,从物理连接上看,已经完成了机车供电电路和轨道电

路搭建任务。但是由于机车供电电路和轨道电路共用钢轨传输,这两个电路必然互相干扰。就干扰的结果来说,对轨道电路影响更大,表现为牵引电流 I_1 、 I_2 会在扼流变压器高压线圈的两个半圈上形成感应电压 V_1 、 V_2 。由于两条钢轨阻抗不完全相等,就会造成 I_1 、 I_2 不可能完全相等,并且扼流变压器高压线圈的两个半圈的阻抗也不可能完全一致,所以在扼流变压器高压线圈的两个半圈上产生的感应电压 V_1 、 V_2 就不可能完全相等,导致在扼流变压器高压线圈整圈上的感应电压 $V = |V_1 - V_2|$ 不可能等于 0,如图 1-6 所示。这个不平衡电压可能造成轨道继电器的错误动作,为此在 JZXC-480 型轨道电路的基础上,采取了三项措施对电路进行了改造:

1. 改变轨道电路电源频率

牵引电源频率为 50 Hz 工频,所以牵引回路在扼流变压器上产生的不平衡电压的频率也是 50 Hz,为了躲避这个电压对轨道电路的干扰,将轨道电路电源改为 25 Hz,从而产生了 25 Hz 轨道电路。

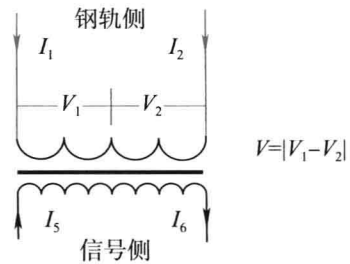


图 1-6 不平衡电压产生示意图

2. 增加相位检查

根据电工学原理,任何一个交流电都是由其奇次谐波和偶次谐波构成的,50 Hz 的电流也是由多个奇次谐波和多个偶次谐波构成的,因而即使改变轨道电源的频率,不平衡电压的 25 Hz 分量仍然有可能造成轨道继电器的错误动作,特别在机车加速、减速、升弓、降弓等特殊情况下,不平衡电压的频率成分更复杂,对轨道电路的影响更大。为了避免继电器错误动作,设计改变了继电器的类型,将原来一元二位继电器改为二元二位继电器,即交流二元继电器。交流二元继电器动作需要两个电源,并且这两个电源的初相位有一定的差值,继电器才能动作,即交流二元继电器具有相位检查特性,具体工作原理见本章第二节。

3. 增加频率防护

为了使电路更加可靠,彻底消除不平衡电压对电路的影响,还增加了频率防护。即在继电器线圈上并接防护盒、在扼流变压器上增设适配器,防护盒和适配器的工作原理见本章第三节。

频率躲避、相位检查、频率防护,这是 25 Hz 相敏轨道电路与 JWXC-480 型轨道电路的不同之处。图 1-7 表明了两种轨道电路的差别。

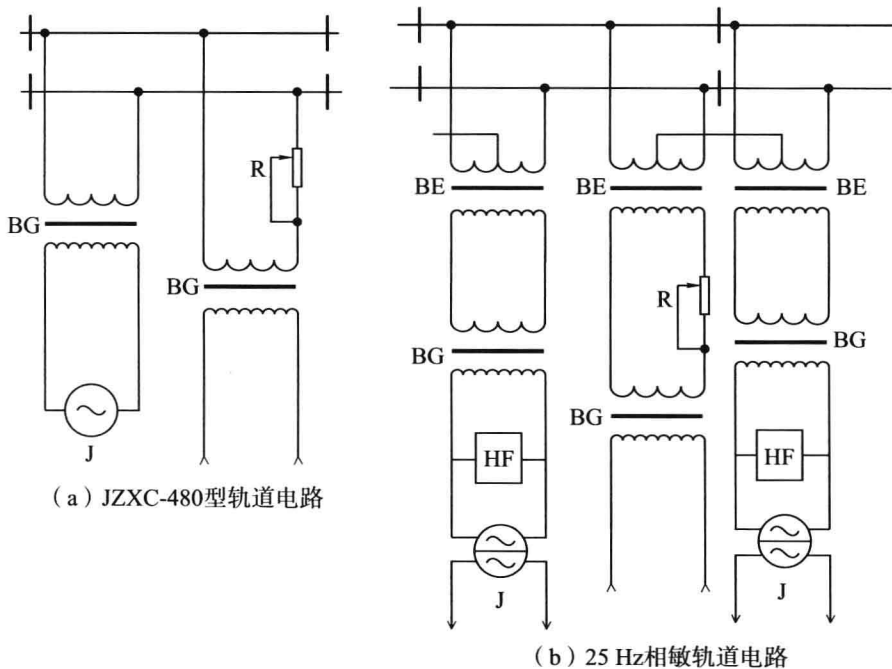


图 1-7 JZXC-480 型轨道电路和 25 Hz 相敏轨道电路的比较

第二节 交流二元继电器的工作原理

一、结 构

交流二元继电器由局部线圈、轨道线圈、带轴铝翼板、接点系统构成。

局部线圈——铁芯上绕制线圈，通入局部电源，该电源由 25 Hz 电源屏供出，电压 110 V，频率 25 Hz。

轨道线圈——铁芯上绕制线圈，通入轨道电源，该电源由 25 Hz 电源屏供出，经轨道电路送电端传输至受电端得到电源，电压大于 15 V，频率 25 Hz。

局部电源和轨道电源的初相角在理想状态下相差 90° 。

带轴铝翼板——呈椭圆形的铝金属板，其轴心方向与板平面方向成 90° 。

接点系统——附着在铝翼板上，由接点支架和中、上接点片构成。交流二元继电器实物如图 1-8 所示。

二、工作原理

交流二元继电器依据两条电磁感应原理工作。这两条电磁感应原理是：

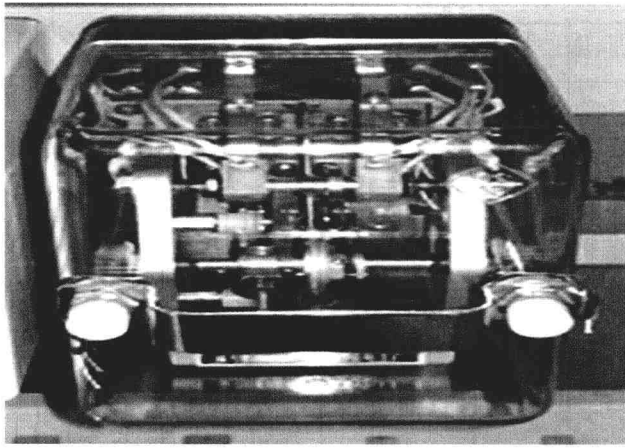


图 1-8 交流二元继电器实物示意图

①处在磁场中的导体在其内部会产生感应电动势或感应电流；②带电的导体在磁场中会运动。

铝翼板在局部线圈产生的磁场作用下,在其内部会产生涡流,带涡流的铝翼板在轨道线圈产生的磁场作用下会转动;同样地,铝翼板在轨道线圈产生的磁场作用下,在其内部会产生涡流,带涡流的铝翼板在局部线圈产生的磁场作用下会转动。两个线圈在铝翼板内产生的涡流方向一致,因而在两个磁场共同作用下,就会使铝翼板转动,铝翼板带动接点支架向上动作,从而中接点和上接点接通。任意一个磁场消失即任意一个电源消失,铝翼板在回位弹簧的作用下回位,中接点和上接点断开。

三、频率检查性和相位检查性

经过计算,只有局部电源、轨道电源的频率同为 25 Hz 时,在这两个电源的作用下铝翼板才能旋转,所以交流二元继电器具有对电源频率的检查特性。只有局部电源、轨道电源的初相角相差(局部电源超前轨道电源)90°时,在这两个电源作用下铝翼板的转矩最大,当局部电源和轨道电源初相角相同时,铝翼板的转矩为零,所以交流二元继电器具有对电源的相位检查性。

转矩公式:
$$M = K \times U_j \times U_g \times \sin\beta$$

M ——铝翼板转矩;

K ——系数;

U_j ——局部线圈电压有效值;

U_g ——轨道线圈电压有效值;

β ——局部线圈电压和轨道线圈电压初相角的差值,也叫相位角。

由于局部电源的大小是 110 V 不变,因而铝翼板的转矩由 U_g 和 β 两个因素决定。下面分析这两个因素对转矩的影响。

1. 轨道电源对转矩的影响

由转矩公式可以看到, U_g 变化会带来转矩的变化,《铁路信号维护规则》(简称《维规》)规定,要求调整状态时交流二元继电器的工作电压不得大于 15 V,因而通过对轨道电路的调整,在相位角 $\beta = 90^\circ$ 时,应该给继电器送入大于 18 V(考虑可靠工作系数)的电压。

2. 相位角对转矩的影响

正弦函数的自变量 β 为 90° 时,正弦函数取得最大值为 1,继电器的转矩也取得最大值。当自变量 β 为 0° 时,正弦函数取得最小值为 0,继电器的转矩也取得最小值 0,因而 β 不能为 0。当相位角 β 偏离 90° 时,会造成转矩的下降,但是正弦函数是非线性函数,相位角 β 在 $60^\circ \sim 120^\circ$ 之间变化时, $\sin\beta$ 在 0.866 ~ 1 之间变化,对转矩的影响并不明显,只要略提高轨道电压 U_g ,就可以使转矩 M 达到要求值。

通过上述计算,相位角即使变化到 60° 或 120° ,只要将轨道电压调高 13% 就可以满足继电器的转矩要求,因而在维修中没有必要特别强调相位角一定要处在理想的 90° 。

下面解释两个问题:

A. 相位角为什么会变化

由于钢轨铺设在大地上,同时钢轨又是大截面积导体,所以在钢轨上传输交流信号时,轨道电路中会存在钢轨间的分布电容、钢轨内部的电感以及道床电阻。轨道电路使用的主要器材有变压器、补偿电容。综合以上情况,轨道电路可以等效为图 1-9。

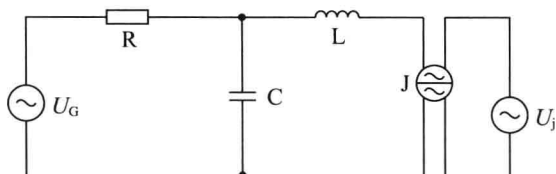


图 1-9 轨道电路等效电路

25 Hz 电源屏送出的轨道电路局部电源 U_J 和送电端电源 U_G 之间的相位角为 90° 。那么经过轨道电路的传输后,继电器得到的电压 U_J 和 U_g 之间的相位

角为什么会发生变化呢?

局部电源通过导线直接接到继电器的局部线圈上,因而继电器得到的局部电源和电源屏供出的局部电源无论大小还是初相角都是相同的。而轨道电源则是通过轨道电路的传输送到继电器轨道线圈上的,其大小和初相角则由轨道电路中的各元件参数决定。图 1-9 中的总电流 $I = U_G / R_{\text{总}}$, 当 $R_{\text{总}}$ 表现为纯电阻时, I 和 U_G 的初相角相同, 所以在继电器上得到的 $U_g = I \times R_j$ (继电器线圈阻值), 与 U_G 的初相角相同, 此时 U_j 和 U_g 之间的相位差是 90° ; 当 $R_{\text{总}}$ 表现为容性或感性时, I 就会滞后或超前 U_G , 从而造成 U_j 和 U_g 的相位差偏离 90° 。

B. 相位角变化对继电器造成的危害

在上面“相位角对转矩的影响”中叙述到, 相位角对转矩在 $60^\circ \sim 120^\circ$ 范围内变化其影响并不明显, 那么相位角到底对继电器有什么影响呢? 当 U_j 和 U_g 之间形成相位差偏离 90° 时, U_g 和 U_j 通入继电器的轨道线圈和局部线圈后, 在铝翼板内形成的涡流方向就会偏离铝翼板平面, 从而就会使铝翼板受到左右摆动的力, 由于翼板固定在轴上, 所以此时翼板就会左右颤抖, 长时间颤抖就会使轴套磨损而松动, 造成继电器使用寿命下降。这是相位角变化对继电器造成的实质性的危害。依据这个道理, 在实际维修中可以听到继电器工作时发出“嗡嗡”的响声, 响声大说明相位角偏离 90° 多, 响声小说明相位角偏离 90° 少。

第三节 适配器、防护盒的工作原理

适配器和防护盒在电路中的作用相同, 都起阻止不平衡电压对继电器工作干扰的作用, 但工作原理和设置地点不同。

一、适配器

1. 设置原则

由于正线包括正线上的道岔区段通过的列车多, 交流二元继电器更容易受到干扰, 所以处在正线上的各区段需要设置适配器。适配器一般设置在正线上各区段的扼流变压器内。

2. 内部结构

适配器由一个电容和带有多个抽头的线圈构成, 如图 1-10 所示。在制造扼流变压器时, 在信号圈铁芯上多绕制一些线圈, 并抽出抽头, 将电容用密封胶

灌注在扼流变压器箱内。

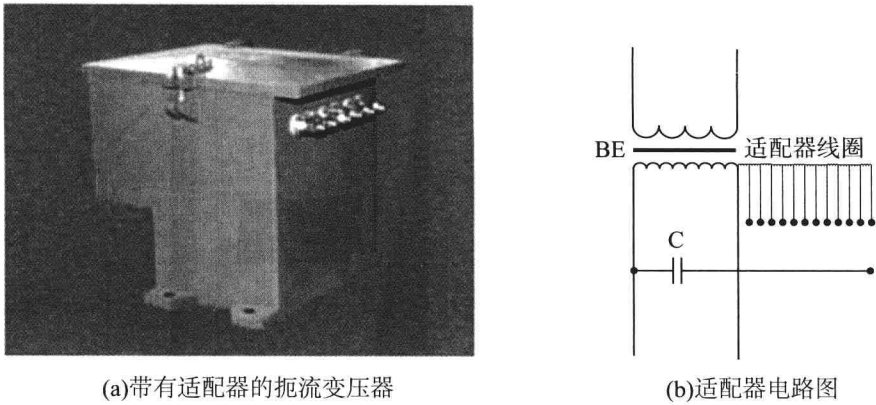


图 1 - 10 适配器

3. 工作原理

将电感线圈和电容串联起来,并接到扼流变压器的信号圈上,并调整电感的大小,使电容和适配器线圈、扼流变压器线圈串联形成的电感构成对 50 Hz 信号的谐振,当 50 Hz 信号加到这个谐振电路上时,电路对 50 Hz 信号形成短路,将 50 Hz 信号能量释放。由此可以看到,加设适配器就是将 50 Hz 不平衡电压利用谐振原理处理掉,从而减少了不平衡电压对轨道电路电源和继电器动作的干扰。适配器起消除 50 Hz 信号干扰的作用,因此在调整时要求施工部门将其调整在对 50 Hz 信号谐振的状态下,抽头一旦固定再不允许改变。

4. 对电路的影响

适配器由电容和电感构成,将其接到电路里必然会带来轨道电路参数的变化,即电路中的总阻抗的大小、方向发生变化。总阻抗发生变化就会引起电路中的总电流变化,就会引起 U_g 的大小以及初相角变化。在使用中当轨道电压和相位角同时发生变化时,可以确定为适配器或防护盒故障。

二、防护盒

1. 设置

在每个继电器旁边设置一个防护盒,用来防止不平衡电压对继电器的干扰。

2. 内部结构

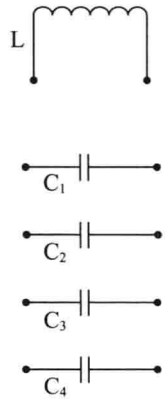
防护盒由一个电感线圈和多个电容构成,如图 1 - 11 所示。在防护盒背后设有调整连接孔。

3. 工作原理

防护盒和适配器一样用来防止不平衡电压对继电器的干扰,其工作原理也采用了谐振原理,即通过调整防护盒的电容的大小,由防护盒内部电感线圈、电容和继电器线圈组成对 50 Hz 信号的谐振。当 50 Hz 信号加到电路上时,电路对 50 Hz 信号谐振而短路,将 50 Hz 信号能量释放,从而消除了 50 Hz 不平衡电压对继电器的干扰。防护盒同适配器一样,也起消除 50 Hz 信号干扰的作用,因此在调整时要求施工部门将其调整在对 50 Hz 信号谐振的状态下,连接端子一旦固定不允许改变。



(a)防护盒实物示意图



(b)内部电路图

图 1-11 防护盒

4. 对电路的影响

同适配器一样,防护盒也由电容和电感构成,将其接到电路里必然会带来轨道电路参数的变化,即电路中的总阻抗的大小、方向发生变化。总阻抗发生变化就会引起电路中的总电流变化,就会引起 U_g 的大小、初相角变化,因此改变防护盒的连接端子,会造成 U_g 的变化以及相位角的变化。因此当防护盒端子固定后,再不允许随意变动。

第四节 迂回电路的形成与克服方法

相邻两区段扼流变压器的中心连接板连接是为了沟通牵引回流,但连接后会造成轨道电路中形成大量的迂回电路。迂回电路带来两个问题,一是钢轨断轨得不到检查,二是占用本区段会造成相邻区段电压下降。下面分别叙述三种迂回电路及其克服方法。

一、八字迂回

如图 1-12 所示,当 II G 的一条钢轨断轨后,轨道电源就会通过图中的红色线将轨道电压的一半传输到受电端,在钢轨断轨的情况下轨道继电器有可能错误吸起,这是不允许的。解决这个问题的方法是:将回路中一处扼流变压器的中心连接板断开。中心连接板断开的地点遵循两个原则,一是尽量在侧线扼

流变压器上,二是在不设吸上线的扼流变压器上。在维修中切忌不能见到不设中心连接板就错误地去装设。

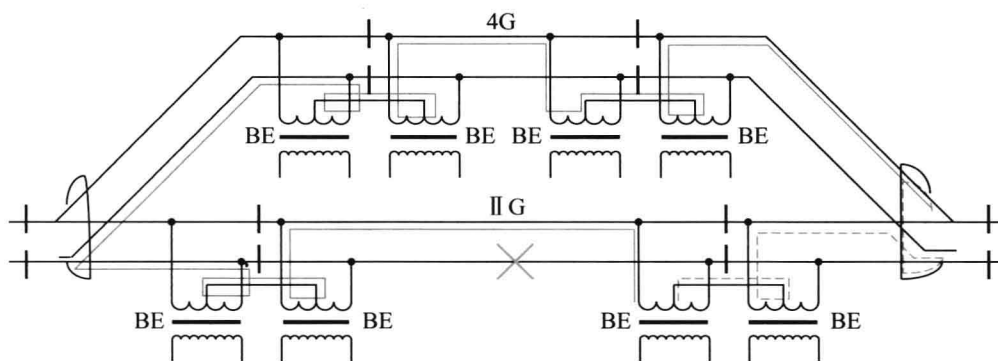


图 1 - 12 股道内的八字迂回电路

另外,在理解八字迂回电路时,不要仅仅局限于股道上形成的大八字,在道岔区段一组单动道岔和一组交叉渡线道岔或两组相邻交叉渡线道岔间也可以构成八字迂回,此时断开电路中任何一处扼流变压器的中心连接板,都会中断牵引回流通路,在这种情况下,需要在交叉渡线上加设绝缘来阻断迂回电路。如图 1 - 13 所示。

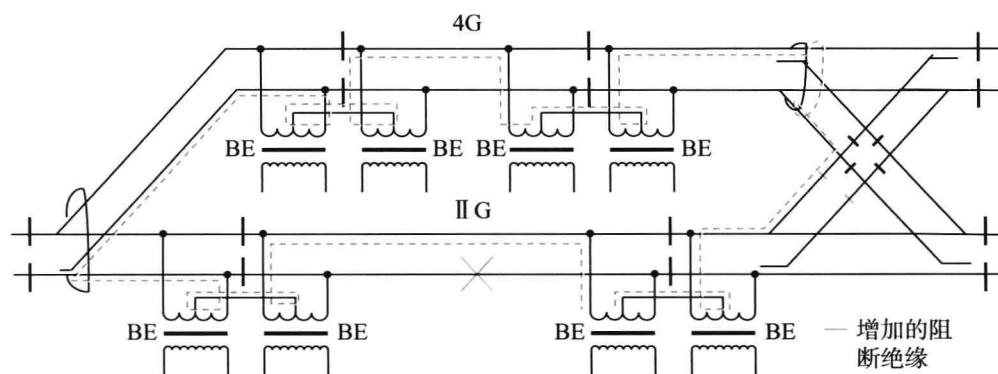


图 1 - 13 道岔区段内的八字迂回电路

二、设有横向连接线的交叉渡线构成的迂回

由于横向连接线一般设在车站的进站端口,所以处在车站端口处的交叉渡线会出现这种情况,如图 1 - 14 所示。

当列车占用 1/7DG 时,会造成 3/5DG 电压下降一半,从而可能错误地使 3/5DG 故障。为了防止这种情况的发生,在交叉渡线上加设绝缘,阻断迂回电

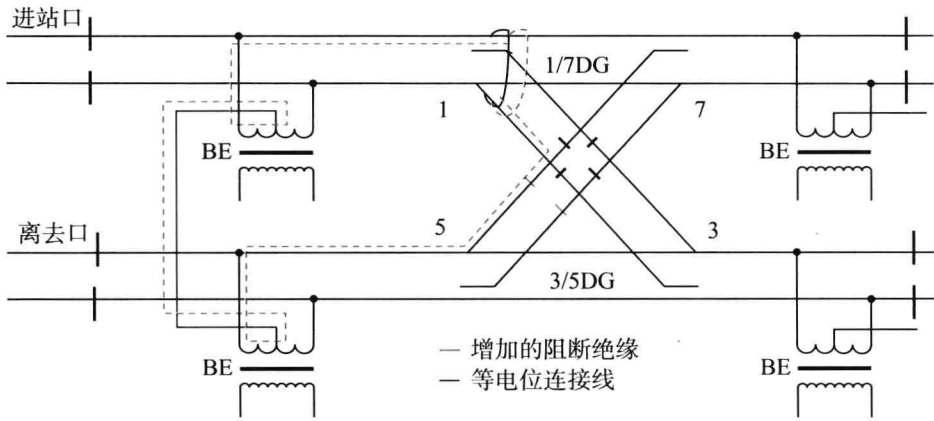


图 1-14 带有横向连接线的交叉渡线构成的迂回电路

路。但是加设了绝缘会造成死区间,因此《维规》规定,加设的绝缘距原分割绝缘不得大于 2.5 m。在维修中维修人员要对加设的绝缘进行特别检查,因为当该组绝缘破损会直接导致占用一个区段而另一个区段轨道继电器落下的故障。

三、交叉渡线划分为四区段构成的迂回

一般情况下交叉渡线划分为两个区段,但在极特别的情况下会划分为四个区段,在这种情况下,会构成迂回,如图 1-15 所示。当列车占用 3DG 时,会造成 5DG 电压下降一半,从而可能错误地使 5DG 故障。同样为了防止这种情况的发生,在交叉渡线上加设绝缘,阻断迂回电路。但是同样加设了绝缘会造成死区间,因此《维规》规定,加设的绝缘距原分割绝缘不得大于 2.5 m。在维修中维修人员同样要对加设的绝缘进行特别检查,因为当该组绝缘破损会直接导致占用一个区段而另一个区段轨道继电器落下的故障。

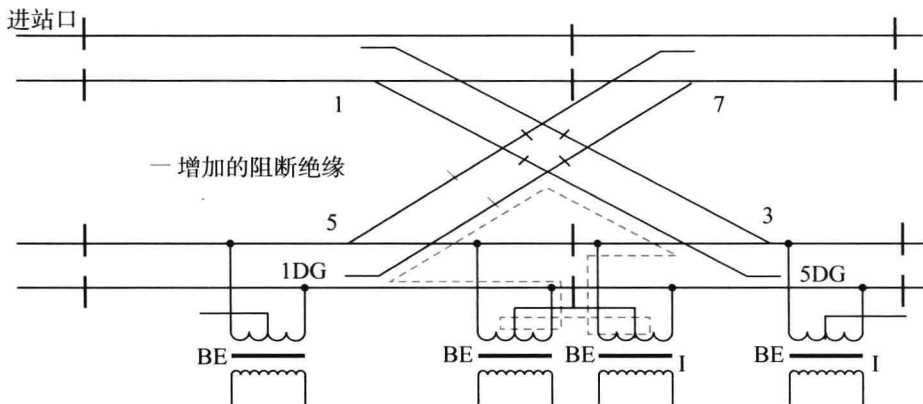


图 1-15 交叉渡线划分为四区段构成的迂回电路