

[开关设备]

基于TRIZ分析的两种型号开关柜的固体绝缘母线连接设计改进

文/ABB（中国）有限公司 杨长洲 黄立群

现今开关柜广泛采用固体绝缘母线作为开关柜的主母线，更新换代越来越快，为解决两种型号开关柜的主母线连接问题，通过应用TRIZ进行方向，通过剪裁掉直接方案里成本高的母线连接器等，同时保留这些被剪裁零部件的功能，产生最终方案。

现今电网的发展越来越快，设备也在不断更新换代，对于12~24 kV的电压等级开关设备，越来越多地采用固体绝缘母线作为开关柜的主母线。如图1所示，固体绝缘母线系统作为主母线时，一般在端柜处用三通连接器连接气体绝缘开关柜的母线套管和固体母线，中间柜处用四通连接器连接气体绝缘开关柜的母线套管和两侧固体母线，而一段固体母线由连接于上述两种连接器或其中一种两个连接器之间，对于同一型号的开关柜来说，这样的固体绝缘母线系统容易实现。

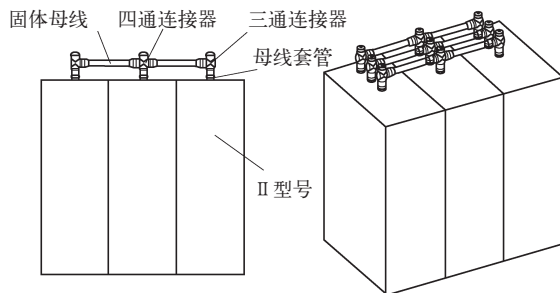


图1 固体绝缘母线系统组成和连接示意图

对于电力设备的客户来说，随着用电量的增加，需要在现有站点上增加开关柜数量，这会出现一种情况，由于电力设备更新换代加快，即使采用同一厂家的开关柜，新增的开关柜与站点已运行的开关柜也可能是不同的两种型号，进而导

致新增开关柜和现有开关柜之间出现并柜问题，而并柜问题主要在于固体绝缘母线在新老柜型之间的连接问题。如图2所示，对于固体绝缘母线连接来说，两种柜型之间有以下差异：①I型号开关柜的顶部母线套管沿柜宽方向有错位，在柜深方向和柜宽方向显斜角布置，而II型号开关柜的顶部母线套管沿柜宽方向无错位，在柜深方向显直线布置；②I型号开关柜和II型号开关柜的柜高不一样，这样导致母线套管的高度也不一样；③I型号开关柜和II型号开关柜的A、B、C三相母线套管沿柜深方向的间距不一样；④I型号开关柜和II型号开关柜的A相母线套管离柜前的距离也不一样。以上四个差异导致用现有固体绝缘母线系统无法直接进行两种柜型的主母线连接。

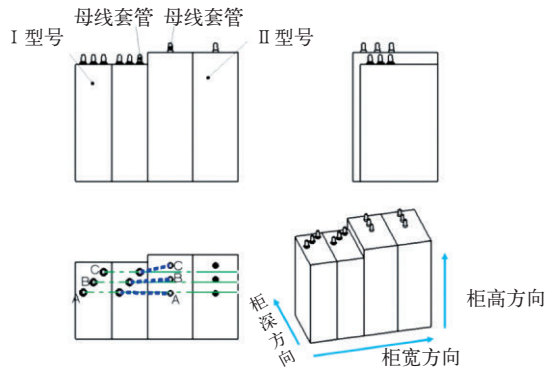


图2 两种型号开关柜的顶部套管相对位置图

两种型号开关柜固体绝缘母线连接方案一

对于具有上述四个差异或其中几个差异的两种型号开关柜的固体母线连接，方案一利用柜高方向的空间，在现有两种型号的开关柜固体母线上增加一层固体母线搭接，通过开发两个不同长度的固体母线，用于上下层三通连接器的之间的连接。这两个不同长度的固体母线具有与三通连接器连接的外锥头，用于导电的导体和用于延长匹配高度的圆柱段，其中两个外锥头规格可以不一样，以便于一个外锥头配合三通连接器的下连通孔，另一个外锥头配合三通连接器的上连通孔。如图3所示，具体实现为，在I型号和II型号开关柜现有固体母线连接的基础上，在相邻不同型号开关柜上的三通头上上面插入长固体母线或短固体母线，然后再在长固体母线和短固体母线上上面插入三通连接器，此三通连接器之间插入固体母线。

这样由于通过不同长度的固体母线建立上层的主母线的连接，解决了两种型号开关柜高度差异造成的主母线搭接问题；另一方面，由于三通连接器与长固体母线或短固体母线之间可旋转，这样也解决了两种型号开关柜柜深方面直线布置和斜线布置，以及两种型号开关柜柜深方向间距和A相母线套管离柜前不同的问题。

这个方法很好地解决了上述四个差异造成的两种型号开关柜主母线连接问题，但需要开发两种长和短的固体母线，且需要增加每相三通连接器2个，总共6个，而三通连接器价格很高。这个方案的优点很多，不足之处就在于成本高，主母线长度增加，增加热损耗，不节能。

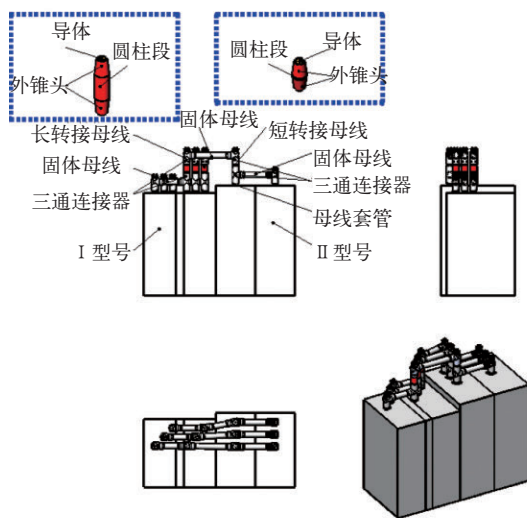


图3 两种型号开关柜的顶部套管相对位置图

对方案一应用TRIZ分析

TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving, 解决发明问题的理论) 是一套完整的创新问题解决理论，它揭示了发明创造过程的客观规律，提供了解决创新过程中各种冲突和问题的可行路径、模式和工具。TRIZ越来越多地运用于创新产品的开发，它可以在提升与改善产品的同时，有效降低成本，而方案一的主要缺点也在于成本高，因此尝试应用TRIZ分析来降低此方案的成本。

如图4所示，首先选定方案一的两种柜型之间的固体母线连接方案作为需要分析的工程系统，此工程系统的主要功能是I型号开关柜向II型号开关柜供电。应用TRIZ的功能分析工具，依次进行组件分析、相互作用分析和功能建模，建立功能模型如图5所示。

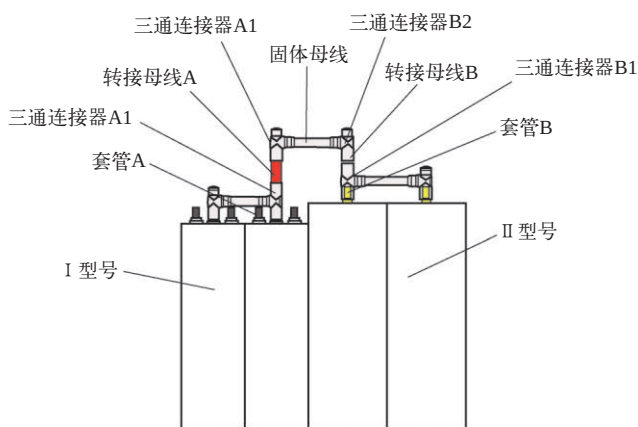


图4 两种柜型之间固体母线连接方案一

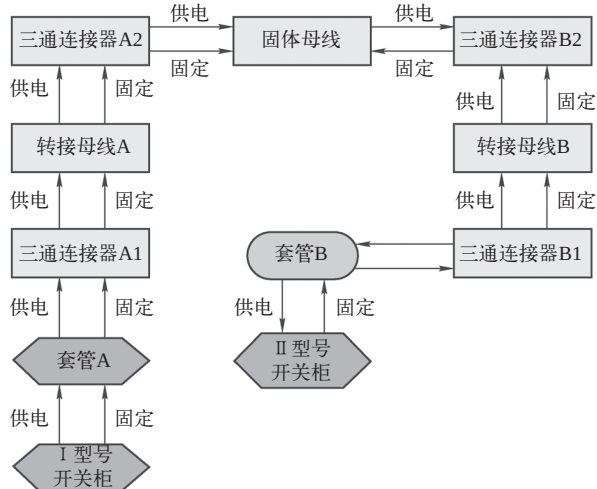


图5 方案一的功能模型

方案一中成本高的组件为三通连接器A2和三通连接器B2，因此优先尝试剪裁这两个组件，如

图6所示,采用剪裁规则C,由系统中的组件转接母线A来执行三通连接器A2固定固体母线和给固体母线供电的功能,由组件转接母线B来执行三通连接器B2固定母线的功能。在上述剪裁基础上,尝试依次对组件固体母线和转接母线B进行剪裁,通过对转接母线A的改造/变形为转接母线A-mod来执行固体母线和转接母线B的有用功能,即变形后的转接母线A-mod给母线连接器B1供电,这样产生方案二:通过变形后的U形转接母线A-mod实现两种柜型之间的固体母线连接,如图7所示。

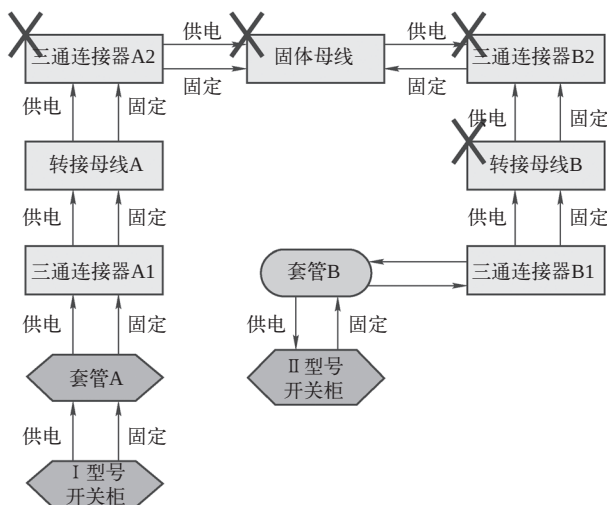


图6 剪裁后功能模型

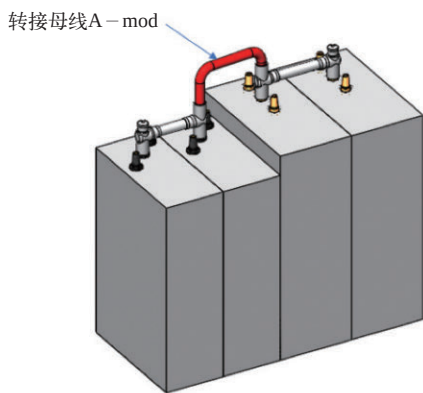


图7 剪裁后产生的方案二

方案二节省了四个组件:三通连接器A2、固体母线、三通连接器B2和转接母线B,且只需对转接母线A进行改造成U形结构的转接母线A-mod,节省成本的同时降低了导体回路长度和导体之间的接触点,即降低了热损。不过方案二还存在一个次级问题,采用方案二的U形转接母线A-mod,在U形转接母线A-mod与三通连接器A1、

三通连接器B1之间需要采用导电弹簧触指,这种导体弹簧触指成本也较高。因此对方案二再次进行功能分析和剪裁后,与对方案一分析过程一样,经过剪裁后得到如图8所示的方案三,其对应的功能模型如图9所示。

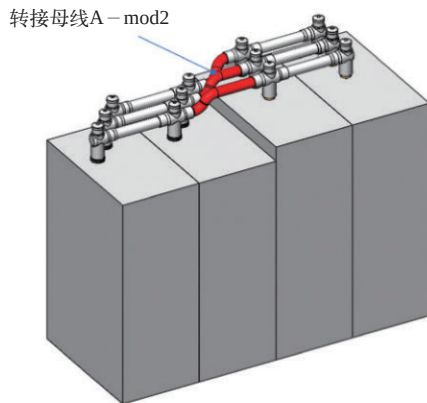


图8 剪裁导电弹簧触指后的方案三

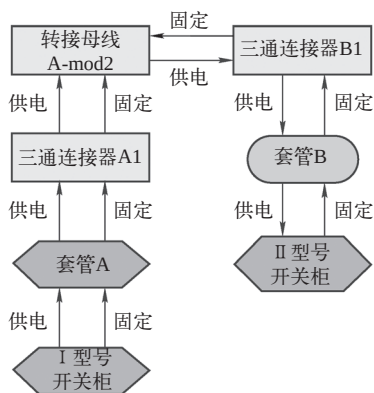


图9 方案三的功能模型

方案三具有方案二的优点,同时又节省了成本不低的导电弹簧触指,两种柜型的连接母线导体长度再次降低,导体间接触点也减少了,进一步降低成本的同时也降低了热损。

结束语

为了实现两种型号开关柜的固体母线连接,直接的设计即文中方案一需要更多的零件,造成成本高和热损高,在应用TRIZ对方案一分析后,最终产生方案三,方案三为两种型号开关柜的固体母线连接,为客户带来了更优的解决方案,同时节省了客户的用电成本,为此工程问题更优的解决方案。EA

(收稿日期:2020.02.25)

(编辑:朱金凤)