

HMB 型液弹储能机构故障探析及改进措施

李 锴*, 徐成西

(国网北京市电力公司检修分公司, 北京 丰台 100073)

摘要: 通过一起 HMB 型液压弹簧机构 GIS 组合电器因油泵异常报警、液压机构无法正常建压、储能失败的故障深入探析, 全面介绍采用 HMB 型液压弹簧机构的 GIS 基本组成结构、动作原理以及事故现场情况。并设计了一套 HMB 型液压弹簧机构储能失败的不停电处理措施及验证试验装置, 为日后类似典型故障研判提供相关依据。

关键词: 液压弹簧机构; 油泵异常报警; 储能失败

中图分类号: TM561

The Analysis and Treatment of Defect of HMB Hydraulic Spring Mechanism

LI Kai*, XU ChengXi

(Maintenance Branch of State Grid Beijing Electric Power Co., Ltd., Beijing Fengtai 100073, China)

Abstract: Through an HMB type hydraulic spring mechanism, the GIS combination electrical appliance produced by ABB is analyzed in depth due to abnormal alarm of the oil pump, the hydraulic mechanism cannot build pressure normally, and the failure of energy storage fails. The basic structure, operation principle and accident scene of the GIS using HMB hydraulic spring mechanism are comprehensively introduced, and a set of non-stop power treatment measures and verification experimental devices for energy storage failure of HMB hydraulic spring mechanism are designed, which provides relevant basis for similar typical fault research and judgment in the future.

Keywords: GIS hydraulic spring mechanism; oil pump abnormal alarm; energy storage failure

随着时代进步, 电力系统不断发展, 电网除了对断路器有极高的电气性能(操作能力)要求, 越来越重视其操作机构可靠性。操动机构作为气体绝缘全封闭组合电器(GIS)用断路器的重要组成部分, 同时也是 GIS 用断路器的动力来源, 其电气性能和可靠性决定着 GIS 用断路器的平稳运行。HMB 型液压弹簧操动机构广泛应用于 GIS 用断路器中, 但其复杂的结构导致充压模块中机构液压储能齿轮易发生断裂。北京电网所辖范围内设备液弹机构齿轮隐患较为严重, 存在一定风险, 改造工作迫在眉睫。由于电网停电时间限制, 现有技术中, 液弹机构改造须要电网停电情况下拆除机构接地及连接拉杆, 随后利用电动葫芦将机构吊起后拆除电机、托架、旧轴销等部件, 安装新的伞齿轮部件轴销并固定, 过程烦琐且周期紧张。由于以上原因申请停电处理受到电网运行方式、停电时间等情况影响较大, 尤其是处在保供电期间, 停电尤为困难。为了解决这一难题, 就需要在不停电作业条件下设计一套临时应急处理措施, 避免 GIS 用断路器由于

收稿日期: 2023-08-16

设计、制造工艺不良等质量事件, 造成电网输变电主设备故障或缺陷导致非计划性停运等不良事件发生。

1 HMB 型液压弹簧机构基本情况

1.1 基本情况介绍

常见的 GIS 用断路器的操动机构主要分为弹簧操动机构、气动操动机构、液压操动机构 3 种形式。其中气动操动机构包含: 分闸、合闸都依靠压缩空气的纯气动操动机构, 分闸(或合闸)依靠压缩空气, 合闸(或分闸)依靠弹簧力的气动弹簧操动机构 2 种; 液压操动机构分为氮气储能和弹簧储能 2 种。本文介绍的故障断路器为厦门 ABB 公司生产的 EK0 型产品, 配备 HMB 液压储能弹簧。随着断路器使用年限增加, 维护开支的减少以及对免维护开关设备及操作机构减少缺陷的需求。为提高可靠性, 如图 1 所示, 依据 CIGRE 研讨会的故障统计数字表明开关设备中的绝大部分故障是由操作机构所引起的, 占比 43%。HMB 型液压弹簧操作机构是根据 ABB 公司 1986 年设计定型的 AHMA 机构优

化改进而成,具备制造技术和模块化装配技术。它结合了金属弹簧机械储能与液压力传送和能量转换的优点。在设计特点上具备:内置液压阻尼系统、使用带孔螺丝调节分合闸速度。结构特点上具备:对断路器液压功能的持续自我监视以及现代传感器技术的监视功能,但正因其高度集成化,也导致以往液压弹簧机构中储能齿轮部件的拆卸工艺实施过程在未采取相应临时措施情况下须要停电才能开展。

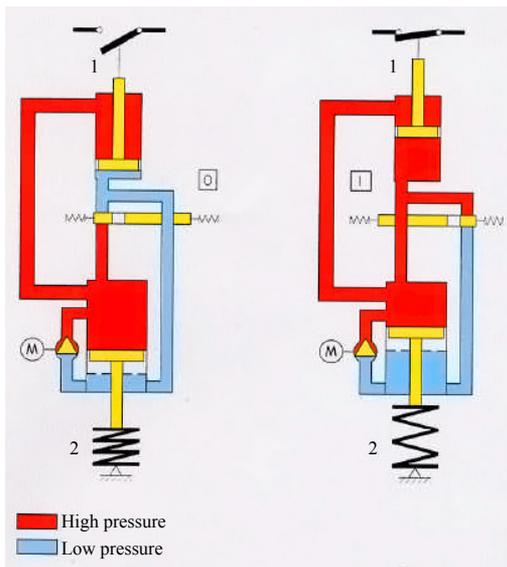


图1 液压弹簧操动机构动作原理图

1.2 液压弹簧操作机构功能原理

如图1所示,液压泵把油从低压油缸打到3个高压储能活塞处,停泵时,一个逆止阀可防止高压油回流,储能活塞环绕主圆筒对碟形弹簧柱进行储能,在操作范围内,碟簧的弹簧力具备特性曲线十分平缓的特点。碟簧柱由若干弹簧组成,即使某个弹簧故障也不会对断路器操作造成影响,利用弹簧储能状态的位置监视功能和液压泵的不定时启动,位置开关对弹簧柱的储能状态实现监视作用,限位开关在储能过低时闭锁操作,必要时发出告警信号。其中,HMB型液压弹簧操动机构控制模块内一级电磁阀、内部二级电磁阀及工作模块内的工作缸、活塞杆等是利用压差原理实现开关分合闸操作的核心部件。阻尼系统与活塞杆结合在一起建立了阻尼压力,使GIS用断路器的运动平缓,减少加在GIS用断路器和自身基础上的机械负载。输出活塞的原理为利用操作气缸轴的截面积之差产生出不同的驱动力,即活塞的面积差产生压力差,推动活塞运动,

在合闸和分闸位置形成一个驱动力。当需要大操作力来开断大电流时,输出活塞的速度会自然地降低而液压系统的效率会提高,使得输出活塞的驱动力增大。

HMB液压弹簧操动机构共包含5大模块,分别为储能模块、工作模块、动力模块、监视模块、控制模块。其中液压储能模块决定了上述油压回路动作过程能否顺利进行,工作模块为5个模块的核心部分。4个模块通过螺栓与工作模块进行连接,实现油路导通。

储能模块主要由油泵电机、传动机构、油泵、放油阀、齿轮组成,其中齿轮断裂在储能模块故障中占很大比重。

2 现场情况检查

2.1 现场情况

近几年,北京电网管辖的变电站中,出现多起110 kV EK0型组合电器断路器储能机构齿轮断裂的情况。在近期的排查过程中,发现多站多间隔此类型号机构储能齿轮存在裂纹问题。其中,某站120断路器机构储能齿轮断裂,现场报文显示120断路器油泵运转异常报警和120断路器弹簧满足分合分压力报警。储能机构正常工作是实现断路器正确、快速分合闸动作的前提,如果无法实现储能,则会导致断路器拒分,当有故障发生时,断路器无法实现可靠分闸切除故障,发生故障越级现象,严重威胁电网安全稳定运行。当前采取的措施仍为申请停电检修,更换损坏齿轮。

2.2 测试情况

结合现场停电检修处理经验,在以往数次液压弹簧机构齿轮更换过程中,针对已出现明显贯穿裂纹的齿轮在拆解更换过程中即发生断裂。利用HMB液压弹簧机构齿轮创新试验台,对某站拆卸后伴有轻微裂痕的齿轮进行加速劣化测试100次试验,虽未发生断裂情况,但裂痕呈现轻微扩大趋势。

2.3 初步分析结论

液弹机构齿轮断裂与动作次数无明显联系,金属销与齿轮公差较小导致断裂可能性较大。

110 kV ABB产HMB型液弹机构总体密封性较好,约23天启泵打压一次。

目前出现轻微裂痕的齿轮,在机构未发生明显

渗漏导致打压频次增多的情况下，具备坚持工作一段时间的条件。

3 不停电处理措施解决方案

3.1 不停电作业条件技术思路

当前 GIS 用断路器 HMB 型液压弹簧操动机构，充压模块中机构液压储能齿发生断裂后，传统检修工艺仍然采用停电处缺方式。倘若电网不具备停电条件，只能由检修人员驻守在液压机构断路器旁进行监视并手动打压，易造成人员精神疲惫，对电网安全生产工作存在一定隐患因素。由于 GIS 组合电器液压机构断路器储能机构正常工作是实现断路器正确、快速分合闸动作的前提，如果无法实现储能，则会导致断路器拒分，当电网有故障发生时，严重威胁电网安全稳定运行。本文提出一种不停电安装 GIS 组合电器液弹机构储能齿轮的装置及方法，以解决断路器液弹机构储能齿轮更换作业过程烦琐且处缺时间长的问题。重点针对 GIS 组合电器 HMB 型液压弹簧操动机构充压模块中机构液压储能齿安装方式进行改造，目的在于将原本停电安装方式通过创新式“换位”调整齿轮朝向，将其转变为不停电作业方式，其系统结构框图如图 2 所示。

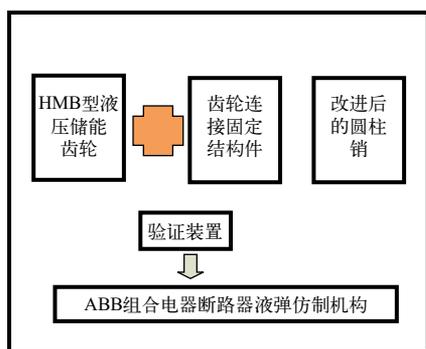


图 2 一体化系统框图

如图 2 所示，不停电安装方式模块化液压弹簧断路器齿轮连接固定结构销工具，主要由改进工艺后的 HMB 型液压储能齿轮及齿轮连接固定结构金属件、改进后的圆柱销组成。

HMB 型液压弹簧操动机构的电机液压储能齿轮主要为钢齿轮与电机自身工程塑料齿轮啮合组成锥齿轮进行传动，且电机转速高达 3 500 r/min 以上。改进后的 HMB 型液压储能齿轮相比以往批次齿轮从制造工艺质量上得到优化、密度更大、更牢固，

针对工程塑料齿轮齿面存在微小气泡、注塑，造成气泡部位或薄弱点（连接圆柱销的空孔位置）的抗压强度降低材料不均匀等可能出现的危险源提前预防，提前开展针对性工艺管控措施，使其得以优化，如图 3、图 4 所示。

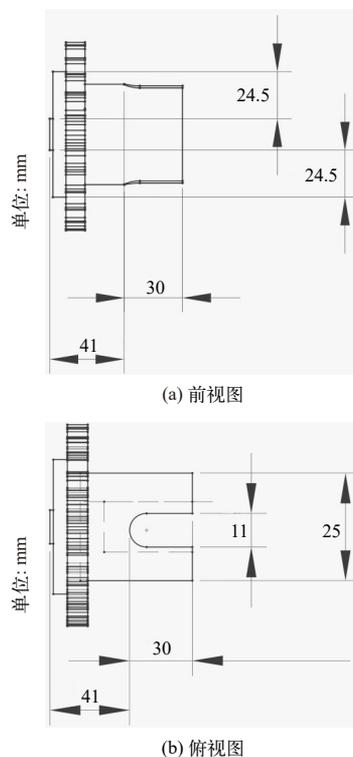


图 3 基于 Shapr3D 实现的液压弹簧断路器齿轮连接固定装置投影视图

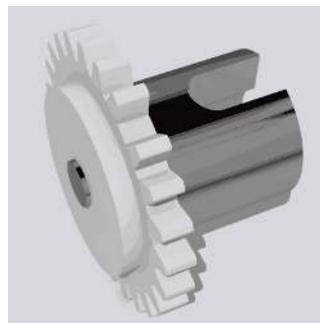


图 4 基于 Shapr3D 实现的液压弹簧断路器齿轮连接固定装置 3D 建模图

齿轮连接固定结构装置主要用于将 HMB 型液压弹簧操动机构储能齿轮进行换位安装，是液弹机构齿轮不停电安装作业基础，齿轮连接固定结构金属件的存在使检修人员面对 HMB 型液压弹簧操动机构储能齿轮碎裂时具备快速应急处置能力，避免

了电网非周期性停电,为临时处缺工作争取窗口期。

通过对多起事故案例研判分析,储能齿轮裂纹沿着销子轴方向逐步发展,最终导致断裂。固定齿轮的销子为弹簧子母销,在安装过程中,可能造成齿轮插销孔内壁不同程度损坏,随着时间延续,逐渐劣化。通过不断实验,由原来的弹簧子母销改进为圆柱销。

ABB 组合电器断路器液弹仿制机构,可多次模拟现场断路器储能过程,针对 HMB 型液压弹簧操动机构储能齿轮运转工况进行模拟、检验,效果良好,可以实现断路器正常储能功能,确保在异常情况下断路器的可靠分合闸动作。

3.2 临时解决措施技术效果及具体实施方式

遵从上述技术方案,如图 5 所示,本实施案例给出一种模块化液压弹簧断路器齿轮连接固定装置。在不停电方式下,利用创新式换位安装方式将 HMB 型液压弹簧操动机构储能齿轮反向安装使其逆向旋转,无须电网停电即可快速处置齿轮开裂缺陷。快速更换原有碎裂齿轮,大大节省检修时间。

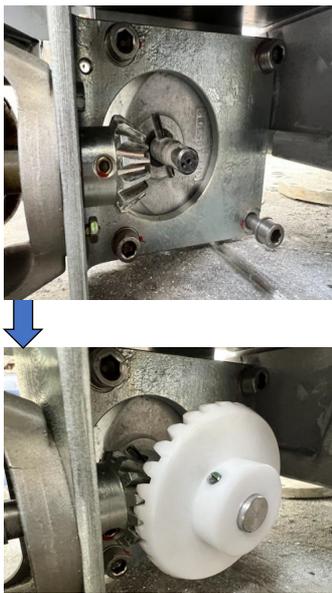


图 5 改造实物示意图

本文提出的不停电安装临时解决措施为一种液弹机构齿轮连接固定装置,包括 HMB 型液压储能齿轮、齿轮连接固定结构件和圆柱销 3 部分。安装所述模块化液压弹簧断路器齿轮连接固定装置后,电机带动齿轮反向进行转动,与此同时带动小齿轮一同转动,实现原有齿轮安装作用。

3.3 具体成效

在不停电的情况下,临时排除设备异常,公司组织开关专业技术攻关团队力量,经过充分的论证分析及实现室测试,完成断路器机构储能齿轮发生断裂后的紧急替代方案的设计和实现,经过实验室验证,效果良好,并在多处实际作业现场正常使用,处理时间由停电检修 3 h 缩短到的停电作业方式的 0.5 h 作业时间。

根据以上临时处理措施方案,开关专业人员研制了一套 HMB 液压弹簧机构齿轮仿制机构创新试验台,多次模拟现场断路器储能过程,效果良好,并对 ABB 厂方提供的齿轮结构件进行检验。

3.4 优化改进建议

根据多起北京电网已发生的采用 HMB 型液压弹簧机构的 GIS 用断路器储能齿轮故障案例,提出以下建议:

优化齿轮工艺设计,降低齿轮碎裂发生率;

设备厂家应加强齿轮装配的工艺质量要求,避免因固定齿轮销钉形式不同的问题导致齿轮断裂,逐步提升齿轮寿命;

设备厂家应加强对储能机构齿轮的质量监督过程,通过开展质量检测措施及时发现不合格零部件,避免开裂齿轮由配件出厂阶段流至设备安装、运行阶段;

开展同型号断路器液弹机构齿轮排查工作,对异常齿轮及时进行更换。

4 结束语

储能模块作为 HMB 液压弹簧机构中的重要模块,影响着设备正常建压、储能。在 GIS 用断路器正常运行过程中,储能模块齿轮发生断裂时若未及时处理,将造成电网非计划性停电等恶性事件。根据近期发现并处理的多起故障,开关专业团队设计了一套 HMB 型液压弹簧机构储能失败的不停电处理措施及创新验证实验仓装置,为现场相似故障处理方式及应对措施研判提供宝贵经验、依据。

作者简介

李镨(1998—),男,本科,助理级工程师,主要从事变电检修工作。

徐成西(1968—),男,大学专科,中级职称,主要从事断路器研究方向工作。

(责任编辑:刘艳玲)