

医用磁共振的电源故障检修

何献忠¹, 彭体洪², 丘瑶瑶¹

(1. 国家癌症中心/中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院深圳医院 设备部, 广东 深圳 518116;
2. 深圳市明喆物业管理有限公司, 广东 深圳 518116)

摘要: **目的** 本文通过对医用磁共振成像 (MRI) 设备滤波电源的故障分析, 提出有效的解决方案, 提升维修保养人员对核磁共振电源的保障技能。**方法** 描述我院西门子核磁共振在使用过程中遇到的电源故障的现象, 进行现场排查, 发现有源滤波器的线路上互感器安装方向错误, 导致 MRI 电源故障。**结果** 调整有源滤波器互感器安装方向后, MRI 恢复运行正常。**结论** 滤波器安装后, 在负载设备使用前需要进行调试。稳定可靠的滤波器, 是 MRI 电源的重要保障。

关键词: 核磁共振; 滤波器; 故障检修

中图分类号: R445.2; R197.39

文献标识码: B

Troubleshooting in power fault of magnetic resonance imaging

HE Xianzhong¹, PENG Tihong², QIU Yaoyao¹

(1. Equipment Department, National Cancer Center/Cancer Hospital & Shenzhen Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Shenzhen, Guangdong 518116, China; 2. Shenzhen Mingzhe Property Management Co., Ltd., Shenzhen, 518116, China)

Abstract: **[Objective]** To promote maintenance personnel's troubleshooting skills by means of the troubleshooting analysis in filter fault of magnetic resonance imaging (MRI) power. **[Methods]** The power failure of our SIEMENS MRI was described in this paper. Through on-site investigation, it was found that the wrong installation direction of transformer on active power filter circuit caused the MRI power failure. **[Results]** After adjusting the installation direction of the transformer on the power line, MRI started working normally. **[Conclusion]** It's necessary to debug the filter before the filter and MRI were set to work. Stable and reliable filter is an important guarantee for MRI power supply.

Keywords: magnetic resonance imaging; filter; troubleshooting

核磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 系统已成为现代医学影像领域中最先进、最昂贵的诊断设备之一^[1]。MRI 的系统控制柜各电路正常工作有赖于稳定可靠的电源, 电源故障将直接导致成像系统停机事故^[2]。

德国西门子 MAGNETOM Avanto 1.5T 核磁共振是超导静音型高场强 MRI, 它的全景成像矩阵 (total imaging matrix, TIM) 技术开创了磁共振全身成像的新纪元。我院为这台 MRI 提供了专用电源, 三相五线制 380 V 电压, 频率为 (50 ± 1) Hz, 瞬间峰值电力消耗 ≤ 15.5kW, 具备抗外界电磁干扰的

屏蔽。全院共用的连接地网, 其接地电阻值 0.65 Ω。一用一备两套配电柜, 三号配电柜和四号配电柜。配电柜配置 Sinexcel 150 型有源电力滤波器各一台, 可动态抑制电网电流谐波, 平衡电网电压; 其额定电压 466 V, 额定电流 158 A, 防护等级为 IP20。备用不间断电源 (uninterruptible power system, UPS), 输出电压 230 VAC, 仅 36 kg, 主要供工作站保证数据安全, 非整套设备的后备电源。

1 故障现象

自 2016 年 9 月 - 2017 年 1 月, 我院西门子

MAGNETOM Avanto1.5T MRI 配套电源的配电柜进线断路器闭合线圈烧毁，引起线路跳闸断电的故障发生 5 次，每次导致 MRI 主线路断电。故障主要表现为：接地保护、长延时保护装置引起进线开关线圈烧毁，总断路器跳闸断电，MRI 停机。随即后备电源启动，同时紧急更换被烧毁线圈，故障暂时排除。多次断电造成系统关机然后重启动电源恢复运行，对 MRI 设备不利。

2 分析与检修

MRI 属于一级负荷^[3]，我院从主变电站的配电间单独拉专用电源线连接到 MRI 主机，两套专用配电箱，并配备独立稳压电源、有源电力滤波器，不再连接其他负载以避免一些频繁启动的高压设备如电梯、电动机等对磁共振主机的电源干扰^[4]。MRI 主机有一用一备两路专用电源线，各 100 kW，其配电箱如图 1 所示。

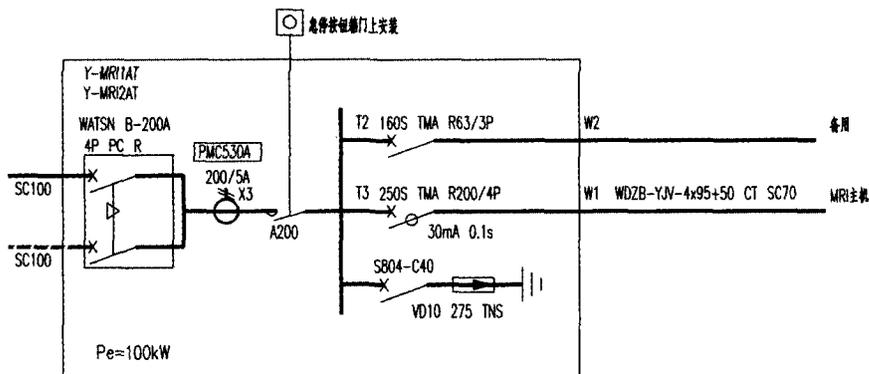


图 1 MRI 配电箱

烧毁闭合线圈、断路器跳闸发生在 4 号配电箱，导致 MRI 断电。2016 年 10 月西门子工程师现场排查确认：①各个硬件连接及通风接口可靠；②磁体有电；③各电源插口连接正常；④相对应方位下的地下车库的停车位是空场并无干扰源；⑤质量保证（quality assurance, QA）测试正常。

烧继电器、跳闸的问题随后三个月内出现 3 次，后续排查确认：①接地正确；②过载保护正常；③门控正常。进一步检查配电箱：①关闭 MRI 主机，配电柜电源数据正常；②查看磁共振检查室的温湿度，磁体的腔体温度、液氮水平、内水冷系统和外水冷系统、机器运动装置，数据正常；③启动 MRI，4 号配电柜进线断路器的电流瞬间反复放大，电流超出正常数值，甚至高达 560 A；正常情况下，电流为 (80 ± 5) A，电压为 (220 ± 9) V。现场认为：接触器本身故障或是其控制电路故障。MRI 运行时产生巨大磁场，线路产生较大的波动，影响进线开关线圈电流。初步判断是配电柜电源问题。

MRI 这种精密设备对供电要求极高，当电网出现极短时间失欠电压、过电压、缺相、三相不平衡以及相序错乱等问题时，设备自动切断供电。

MRI 停机后须及时（一般为两小时内）恢复供电。如不及时处理，将会使液氮大量丢失，严重时将会造成失超，失超后重新励磁需要巨额费用，造成极大的经济损失^[5]。

2017 年 1 月 11 日我院组织西门子厂家、设计单位及低压配电、滤波器第三方配套设备的供货厂家现场排查：①配电房所有柜体为同一厂家供应，其他柜体未发生类似事故，排除柜体原因；②多次在核磁共振的运行、停止状态下对有源滤波器进行启动、停止的查验，发现有源滤波器安装的两组互感器中的其中一组由于安装的方向不一致，导致补偿不协调，引起电流反复大幅提升；③关闭滤波器，此现象消失；④将其中一组滤波器互感器的安装方向进行调整，对核磁共振设备再次进行运行、待机多次调试，验证确认滤波器故障是 MRI 断电关机的原因。

反复排查确认：滤波器两组电流互感器安装方向不一致，使补偿不协调，电流瞬间过高，烧毁断路器闭合线圈，导致 MRI 断电关机。修复后，MRI 运行正常。

Sinexcel 150 型有源电力滤波器安装完毕，线路接入负载，理应先进行滤波调试，才能启用

MRI。经查,我院 3 号、4 号配电柜的 Sinexcel 150 型有源电力滤波器预先安装半年后,核磁共振主机才安装好。MRI 投入使用时,未经滤波器厂家进行滤波器调试,留下隐患。

电源滤波器输入、输出侧与电源和负载侧的阻抗适配越大,对电磁干扰的衰减就越有效^[6]。通带内信号的衰减要小,阻带内信号的衰减要大,由通带过渡到阻带的衰减特性陡直上升。正常情况下,有源滤波器通过外部电流互感器,实时检测负载电流,并通过内部数字信号处理器(digital signal processor, DSP)计算,提取出负载电流中的谐波部分,然后输出脉冲宽度调制(pulse width modulation, PWM)信号给内部绝缘栅双极型晶体管(insulated gate bipolar transistor, IGBT),控制逆变器产生一个和负载谐波电流大小相等、相位相反的电流注入到电网中,达到滤波目的。

3 结论

MRI 等医疗设备,要重视公共地线以及公共电源导致的共阻抗干扰等传导干扰,以及电磁兼容性,现阶段合理和可行的措施就是加装电源滤波器于相应的电源线上^[7]。滤波器须安装在设备电源线输入端,且接地点和设备机壳接地点具有一致性,以确保滤波器使用过程的安全性和可靠性^[8]。根据国内电网状况,建议 MRI 电源应配置:①应用专线、专用变压器,避免与电源电压变化大的负载共用;②为防范突然停电和电网波动给设备带来损害,应配备 UPS,配备整机 UPS 或稳压电源,容量 $\geq 140 \text{ kW}$ ^[9];③绝缘良好的专用独立地线,接地电阻不大于 2Ω ,地线连接至磁共振专用配电箱^[4];④专用的配电在线管理及故障报警系统能实现无线报警、设备实时在线监控、数据分析和故障短信报警功能^[5],能更快地清查并排除故障。

第三方配套提供的有源电力滤波器互感器线

路安装方向错误,导致 MRI 电源故障。调整安装方向后, MRI 恢复运行正常。滤波器安装后,在负载设备使用前需进行调试。由于 MRI 运行时瞬间电流较大,应避免与电源电压变化大的负载共用,以防止线路过载引起停电给机器造成损坏^[10]。MRI 等高精设备对电力的要求相对严格,外电源的故障将直接影响磁共振的开机率及科室效益^[11]。电源是保证 MRI 稳定运行的首要条件,而稳定可靠的滤波器,是 MRI 电源的重要保障。

参考文献

- [1] 蒋东平,何贤国,何燕,等. 西门子磁共振射频系统原理与故障分析[J]. 中国医学装备, 2011, 8(9): 69-73.
- [2] 孙宝海,高丽达,吴振华. GE CYREX 2T Prestige 磁共振系统控制柜模拟电源故障分析与检修[J]. 中国临床医学影像杂志, 2005, 16(6): 344-345.
- [3] 董明军, 窦军, 白轩辉. 磁共振成像仪供电电源的设计与应用[J]. 中国医学装备, 2014, 11(8): 63-65.
- [4] 朱弋,王明书,黄竞宇. 3.0T 核磁共振安装要素及场地准备流程概述[J]. 医疗卫生装备, 2011, 32(11): 122-126.
- [5] 张炳高,杨中华. MRI 电源故障报警系统设计[J]. 中国新技术新产品, 2014, (07): 20-20.
- [6] 马军辉. 电源滤波器可靠性分析与测试[J]. 中国高新技术企业, 2013, (10): 72-73.
- [7] 闫博华. 医用电气设备中的电源滤波器的应用研究[J]. 信息与电脑, 2013, (01): 167-168.
- [8] 袁咏歆,石蕊. EMI 电源滤波器优化设计[J]. 通讯世界, 2015, (06): 275-275.
- [9] 秦裕杰. 浅论磁共振机的保养与维护[J]. 医疗装备, 2013, (01): 60-61.
- [10] 冯新科,高研,郑明亮. HDX Sigma 3. 0T 磁共振的维护和保养[J]. 医疗装备, 2011, 24(9): 64-64.
- [11] 邓峰. 磁共振设备间动力配电柜维修一例[J]. 放射学实践, 2016, 31(06): 553-554.

(李异凡编辑)