

医院低压供配电系统常见故障预防方法研究

白林

石河子大学第一附属医院

DOI: 10.12238/jpm.v6i1.7613

[摘要] 医院低压供配电系统是医疗事业顺利开展的重要保障,其稳定运行直接关系到医疗服务质量。然而,随着医疗技术的不断更新迭代,医院电力负载不断增长,低压供配电系统在工作过程中难免会出现各种故障。其中,电信号短路是一种常见故障,一旦发生可能会对医疗设备和任务造成影响。针对此问题,本文通过对医院低压供配电系统常见故障进行分类和分析,重点阐述了电信号短路故障的成因及其影响。同时,文章以某医院为例,提出了联合负荷分级标准和变压器扩容条件,来有效预防电信号短路发生的新方法。文章还对此方法与传统谐波预防方法进行实验对比,结果表明新方法对控制故障强度和电能损耗更为有效。本研究旨在提高医院低压供配电系统的运行可靠性,以持续保障医疗服务需求。该论文选题和研究思路应对当前医疗电力供应存在的问题和挑战有着重要意义。

[关键词] 低压供配电; 负荷分级; 变压扩容; 电能计量

Research on common fault prevention methods for low-voltage power supply and distribution systems in hospitals

Bai Lin

The First Affiliated Hospital of Shihezi University

[Abstract] The low-voltage power supply and distribution system in hospitals is an important guarantee for the smooth development of medical services, and its stable operation directly affects the quality of medical services. However, with the continuous updating and iteration of medical technology, the power load of hospitals continues to grow, and various faults are inevitable in the low-voltage power supply and distribution system during operation. Among them, electrical signal short circuit is a common fault, which may have an impact on medical equipment and tasks once it occurs. In response to this issue, this article classifies and analyzes common faults in hospital low-voltage power supply and distribution systems, focusing on the causes and effects of electrical signal short circuit faults. Meanwhile, taking a certain hospital as an example, the article proposes a new method of effectively preventing electrical signal short circuits by combining load grading standards and transformer expansion conditions. The article also conducted experimental comparisons between this method and traditional harmonic prevention methods, and the results showed that the new method is more effective in controlling fault intensity and electrical energy loss. This study aims to improve the operational reliability of low-voltage power supply and distribution systems in hospitals, in order to continuously meet the demand for medical services. The topic and research approach of this paper are of great significance in addressing the current problems and challenges in medical power supply.

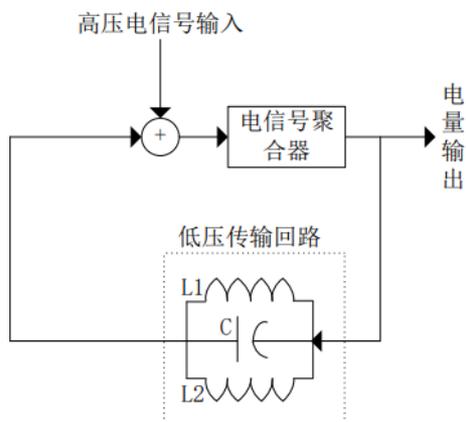
[Key words] Low voltage power supply and distribution; Load classification; Transformer expansion; Electricity metering

1 医院低压供配电系统常见故障预防方法

医院低压供配电系统电信号短路故障是由于多方面因素共同作用导致的。一方面,不同医疗部门电力负荷需求不协调

容易造成低压传输回路内电流闭环不完整,进而产生短路。另一方面,负责高低压转换的电路元件如若导通能力不足,也难以及时完成电流转换,增加短路风险。此外,高低压电信号在转换过程中的不协调还可能引起电流在回路内蜿蜒流动形成

短路。为有效预防此类故障，需要从以下几方面进行：一是根据医疗部门不同阶段的负荷特点，进行需求预测并进行负荷分类调度。二是对电路元件如变压器等进行定期检测，必要时进行替换升级以提高其导通能力。三是对高低压转换过程进行监测，在转换不协调时及时采取调节措施。四是建立医院电力负载分级标准，明确各类设备负荷优先级，有效输配电。五是完善隐患排查机制，对可能产生短路的弱环进行监测和处理。只有从系统层面统筹解决，才能最大限度防控该类常见故障。



L1、L2—不同的医疗部门；C—电路元件。

图1 医院低压供电系统简图

2 医院低压供电系统预防故障的方法

预防医院低压供电系统故障需要全面规划。首先，根据不同故障类型定义强度等级标准，以区分处理优先级。同时，应研制医疗设备耗电标准，精细化将其分为多个级别。然后，科学规划变压器及配电设备扩容级别，保证高峰负荷下的供给。此外，重要的是采用精确的电能表计，实现医疗设备实时耗电查询与监测。一旦发现负荷性质或数值异常，应及时进行确认处理。另一方面，还应按时执行变压器和配电箱的检修维护工作。定期检查能源转换设备是否损耗严重，必要时予以更换。最后，建立规范的隐患排查机制。针对潜在问题点周期进行排查，一旦发现问题，第一时间进行排除。只有全面考虑各个环节，从设备选型、负荷规划以及日常监测中进行优化完善，才能最大程度预防医院低压供电系统的各类故障，实现其可靠运行。

2.1 故障强度定义

医院低压供电系统内电信号短路故障是一项常见问题，正确定义其强度级别对预防与控制具有重要意义。故障强度反映短路情况下电信号的表现能力，它是由多个动态参数共同决定的。主要影响参数包括医疗设备不同时间段内的耗电需求 δ 、高低压转换过程中的电信号配比 γ ，以及电信号在低压回路中的传输时长 ΔT 。这些参数的变化会直接影响闭环电流形成的可能性和短路风险程度。此外，还需考虑电信号本身在短路情况下的特性，即短路系数 β 。它可以量化短路行为，但取决于上述 δ 、 γ 、 ΔT 等参数的值。

为了准确定义故障强度级别，需要建立电信号短路模型，该模型结合动态参数 δ 、 γ 、 ΔT 以及短路系数 β ，对短路在不同条件下的表现能力进行计算模拟。比如，当 δ 和 γ 值分别处

于中等水平， ΔT 偏大时，短路可能强度等级定为中等。而 δ 和 γ 偏高， ΔT 也较长，则表明短路可能强度等级应调整为强。

通过电信号短路模型计算不同参量值下的故障强度，可以科学准确指导后续工作，如负荷分级标准的制定、变压器扩容决策，有效预防和控制电信号短路这一常见问题，保障低压系统可靠运行。

根据上述物理量，可将医院低压供电系统常见故障强度 W 的表达式式为

$$W = \delta \times \sqrt{\frac{1}{\gamma^2} |\Delta T| - \beta(\dot{e})^2}$$

2.2 负荷分级标准

医院低压供电系统中负荷分级标准的确立，是基于故障强度定义式对电信号短路条件进行求解而得出的。它根据不同部门对电信号质量的需求程度以及可能引发故障的风险程度，细致地划分出一级、二级和三级负荷三个等级。其中，一级负荷主要包括重症监护室等对电信号精准传输要求最高的部门。这些部门使用的医疗设备对电流和电压的稳定性有极高需求，一旦发生电信号击穿，可能会直接危及病人生命安全。因此，低压供电系统在这些部门应做到尽可能预防和有效处理电信号短路故障。二级负荷的部门如热水机房等，其医疗设备对电信号质量的依赖性较一级负荷低一些。不过由于电量需求大，也有可能因电流负荷过重而引发故障，所以在预防上也需一定关注。至于三级负荷部门，由于其使用的医疗设备类型单一，对电信号的需求也相对较小。因此，它们发生故障的可能性最小。总体来说，负荷分级标准的细致程度直接决定了供电系统对不同等级故障的识别和应对能力。它通过对各部门电信号需求特征的科学划分，有效提高了系统整体防故障能力，从而在最大限度保障医疗安全的同时，也减少了由于故障所带来的经济损失。

2.3 变压扩容

变压扩容是医院低压供电系统预防常见故障的重要方式之一。它通过调节变压组设备对电量信号的承载能力，有效解决了电信号短路导致的供电电压异常升高问题。变压扩容主要是根据分组变压器的总负荷配比，确定下级变压设备对电量信号承载能力的大小。这可以保证在电信号短路情况下，电流不会大量聚集在传输回路中，从而超出医院低压供电主机的调节范围。同时，变压扩容也着眼于提高干路变压器负载电压的数值。因为数值越高，说明电压组设备对电量信号的调节能力就越强，电信号短路故障的可能性会相对减小。设 ϕ 为基于负荷分级标准的电信号调节参数； S 为短路电信号在医院低压供电系统中的单位累积量； I' 为电信号短路故障情况下的干路电流； R 为医院低压供电系统中的总电阻数值。根据上述物理量，联立式 (1)，推导出变压扩容条件 D 的定义式为

$$D = \frac{|\phi W|^2 - (\bar{S})^2}{\sqrt{I' \times R}}$$

通过建立电信号短路模型，可以得到电信号调节参数与短路电量的关系，从而给出变压器扩容条件定义式。这个定义式实质是一个阈值，只有当实时负荷总和远低于这个阈值时，短

路的发生可能性才较低。本质上，变压器扩容是通过科学调整其对电信号处理能力，来缓解低压系统在短路情况下的运行压力。比如增大变压器容量，扩大其调节电流和负载范围。这可以很好地降低电信号负荷总和超过阈值的可能，从而预防短路事故。实现这一目标，变压器扩容对医疗设备供电环境具有重要优势：一是降低短路加重负荷给供电系统带来的影响，缓解系统运行压力；二是通过提升系统吸收短路电流的能力，使医疗设备在短路期间仍可稳定工作；三是预防常见故障的发生，保障医疗设备使用安全。因此，相比更新其他组件，变压器合理扩容在技术上是一种系统优化的有效途径，它不但可靠性更高，而且对医疗服务影响也较小，是缓解低压系统运营隐患的优先解决手段。

2.4 电能计量

电能计量为医院低压供电系统提供了重要的监测手段。它通过计算综合考虑多方面影响因素的电能指标 K ，可以定量评估系统中电信号短路等故障的程度。电能指标 K 的计算会将电信号短路的击穿强度与变压扩容过程中的压差变化等因素，通过参数 f 和 ΔG 、 h 等进行联合定量。其中，短路击穿对 f 的影响直接决定了 K 的值区间。变压扩容若出现压差突变，也会通过 ΔG 和 h 影响最终评估结果。除此之外，低压供电水平通过 l 参数纳入计算，可评估供需关系对系统运行的影响。配电信号参数 h 则可以评判输配电质量变化对结果的贡献。综上，电能指标 K 的计算模式利用多个相关参数，成分错综复杂地对医用电系统各个方面影响因素进行叠加量化，从而实现定量化程度的评估。这为医院识别隐患，及时做出干预提供了可靠依据。它提升了低压供电管理水平，维护了医疗设备的可靠运行。

电能指标 K 的计量表达式如下：

$$K = f \frac{\lambda}{|\Delta G|} \times \sqrt{(ID - \bar{h}^2) - 1}$$

电能计量通过搜集和计算多个影响参数，构建 K 的定量模式，既考虑系统本身电气特性，也注重外界变化因素。它实现了多元监测，弥补传统单一指标难以包容全面情况的不足。医院可根据 K 实时值了解系统承受程度，有针对性地进行配套调整，如调节变压容量应对短路风险。此外， K 值是个动态叠加指标。医院可长期记录 K 曲线，分析不同组合条件下系统表现，验证变压扩容等补救措施成效。一旦发现措施后 K 值下降幅度不明显，医院需要进一步检查电路，防止措施持续低效影响安全。

3 试验设计与结果分析

这次实验设计比较了文章提出的预防医院低压供电系统常见故障方法与基于谐波作用的传统预防机制，验证了前者的实用性。实验采用了 220V/380V 的低压配电系统，TN-S 的接地形式，以及 2 组 2 路电源互为备用的设计方案。这可以满足医院供电的可靠性要求。同时规定了当其中一路发生故障后，另一路能承担全部一二级负荷，但时间有限，需要尽快修复，这也体现了系统运行稳定性的重要性。为验证不同方法的效果，设计了实验组和对照组。实验组采用文章提出的方法，对照组采用传统的谐波预防机制。并记录两种方法下，供电电压异常升高 80 分钟时的传输电流和电能计量值，以此作为评估标准。实验数据显示，医院系统在 670A 电流和 2246.34J 电能

下会出现问题。这次实验设计科学合理，选择系统实际运行重要参数作为评价指标，通过对照组和实验组的对比，很好验证了新提出的故障预防方法的应用价值。实验结果显示，实验组下关键指标如电流、电能都能持续控制在安全范围内长达 80 分钟，而对对照组控制效果差无法及时发挥作用，这充分体现了新方法在预知潜在风险和预防故障方面的优势。总的来说，这次实验数据结果真实反映两种方法的差异，结论明确表明文章提出的方法在医院供电系统故障预防方面实用性强于原有方式，为医院选择有效预防措施提供了参考依据。

表 1 传输电流及电能计量的具体数值

时间/min	传输电流/A		电能计量/J	
	实验组	对照组	实验组	对照组
10	631	670	1446.14	2346.81
20	637	670	1481.37	2346.74
30	643	665	1526.34	2221.71
40	650	668	1586.34	2231.84
50	653	670	1632.94	2368.24
60	656	670	1699.72	2378.76
70	658	670	1786.54	2391.81
80	660	670	1849.51	2415.45

4 结束语

总之，这篇论文通过设计对比实验评价了一种新的医院供电系统故障预防方法。该方法选择了系统实际运行参数作为评价指标，实验组与对照组的数据结果清晰地反映出新方法在预知潜在风险和提前控制故障方面的优势。研究结果有效地验证和论证了新方法在医院低压供电系统故障预防上的应用价值，为医院选择合适的保障电网安全的措施提供参考。文章设计科学、数据分析细致，全面论证了这一新方法。该研究为医院供电管理与技术改进提供了参考依据，也为未来深入优化医疗电网运行带来借鉴意义。总体来看，这篇论文系统论证了问题、设计实验周到，研究成果具有一定的实践指导意义。

[参考文献]

- [1]胡浩天.大型三甲医院高低压配电系统分析管理[J].中国设备工程, 2022, (16): 50-52.
- [2]林伟军.医院低压配电的故障分析与有效措施[J].轻工科技, 2021, 37(02): 49-50.
- [3]唐瑛.某医院建筑电气设计中低压配电系统故障原因分析[J].机电信息, 2020, (17): 15-16.
- [4]祁晋威.医院 10kV 高低压配电系统常见故障分析[J].科技创新与应用, 2020, (06): 127-128.
- [5]刘建.医院建设项目供电系统设计方案探讨[J].中国医院建筑与装备, 2015, (11): 96-98.

作者简介：白林（1988—），男，汉族，河北人，本科学历，毕业院校：中国农业大学，中级职称，研究方向为电气工程。