

# 医院供配电系统初步设计及常用计算

富九思

中国中元国际工程有限公司

DOI:10.12238/pe.v2i5.9877

**[摘要]** 三级医院的供配电系统相对比较复杂。首先其供电电源需要由市政提供2路电源。然后医院内的特级负荷还需要有柴油发电机提供的应急备用电源。医院内的接地系统包含TN-C、TT及IT系统。为了经济合理的选择医院供配电系统的设备和供电导体。需要做变压器负荷计算,柴油发电机组容量计算,短路电流计算及电压偏差计算。通过以上电气计算,选择的电气设备和供电导体首先能够满足供配电系统运行的基本要求。另外还要考虑工程建设经济性,及选择的设备和导体设计的裕量在合理的范围内。

**[关键词]** 三级医院; 供配电系统; 变压器负荷计算; 柴油发电机组容量选择; 短路计算; 电压偏差计算  
**中图分类号:** U224.3+1 **文献标识码:** A

## Preliminary Design and General Calculations of Hospital Power Supply and Distribution System

Jiusi Fu

China IPPR International Engineering Co.,Ltd

**[Abstract]** The power supply and distribution system of tertiary hospitals is relatively complex. Firstly, its power supply needs to be provided by the infrastructure with two power sources. Then, the special load in the hospital also requires emergency backup power provided by diesel generators. The grounding system in the hospital includes TN-C, TT, and IT systems. In order to economically and reasonably select the equipment and power supply conductors for the hospital's power supply and distribution system. Transformer load calculation, diesel generator capacity calculation, short-circuit current calculation, and voltage deviation calculation are required. Based on the above electrical calculations, the selected electrical equipment and power supply conductors can first meet the basic requirements for the operation of the power supply and distribution system. In addition, it is necessary to consider the economic feasibility of engineering construction, as well as the selection of equipment and the design margin of conductors within a reasonable range. The workload of electrical calculation is significant, and using tables can greatly improve the efficiency of electrical calculation work.

**[Key words]** third level hospitals power supply and distribution system power transformer calculation diesel generator calculation Short-circuit calculation Voltage deviation calculation

## 引言

医院建筑的供配电系统相对其他类型的建筑要复杂。对供电系统的要求也更高。本文简述医院建筑的供配电系统组成结构,并简要介绍与其相关的电气计算。

患者进行治疗的场所,涉及到电气设备需要接触到患者体内的,手术室及中断供电将涉及患者生命安全的需要设置IT接地系统<sup>[1]</sup>。这种系统是一般民用建筑都不会涉及的。当发生一次接地故障时,此系统产生的短路电流较小,对患者更安全。同时,在发生一次短路故障时,系统不会立即切断电路,这就保证了系统供电的可靠性。医院中有大量的特级用电负荷和一级用电负荷,为了满足这些用电负荷的供电要求,医院中的供电电源一般采用双路市政电源加柴油发电机组的组合方式<sup>[2]</sup>。医院供

电系统的可靠性就比较高了。随着科学技术的发展,近些年产生了不少新技术和新设备。在变频器前安装的谐波保护器,使变频器产生的谐波就近得到处理,不会影响到供电系统的电能质量。建筑行业不断发展过程中也在不断探索新的工程管理模式。供配电系统工程的建设在满足技术要求的前提下,也需要考虑建设投资的合理性。做供配电系统设计时,就不能沿用“粗放式”的设计方法。相关内容的计算工作,将设计参数值控制在更加合理的范围内。即在满足工程技术要求的同时,能够使工程建设投资控制在预期内。

## 1 项目概况

以河北省的某三级医院建设工程为例。此工程分两期建设,其中一期建筑面积15万平方米,二期建筑面积4600平方米。一期

建设项目包括1栋医疗综合楼,建筑面积13万平方米;1栋发热门诊3千平方米;1栋行政培训综合楼1万平方米;另外包括一些附属建筑(污水处理站、液氧站、门卫)。

## 2 供配电系统设计

医院的用电负荷存在大量的特级负荷和一级负荷,所以一般需要引入2路市政高压电源。当一路高压电源故障时,另一路高压电源能够承担全部一、二级负荷的供电。

为了加强特级负荷和一部分一级负荷供电的可靠性,设置柴油发电机作为应急电源。当两路市政电源均断电时,15s内柴油发电机投入运行,保证特级负荷及部分重要的保障负荷的可靠供电。对停电要求小于0.5S的重要负荷,如急诊抢救室、产房、重症监护室、早产儿室、手术室、术前准备室、术后复苏室、麻醉室、心血管造影检查室等场所还采用不间断电源(UPS)设备作为应急电源。

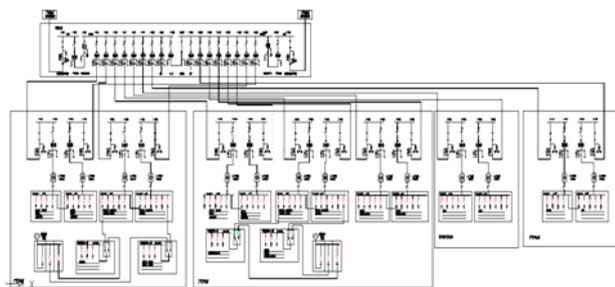


图2-1 配变电系统主接线图

2路10kV高压线路首先接入院区内的开闭所。之后,从开闭所内接出2路高压电源至医疗综合楼内的院区总配变电所。其高压电源分配至各变压器(其中2台室外箱式变压器是专供电动汽车充电桩的),并为二期建设预留2个出线回路。

总配变电所内安装6台变压器。每台变压器后设置1段馈电母线。其中的2段馈电母线后各接1段应急母线段。由市电与柴油发电机向应急母线段供电。市电与柴油发电机电源之间的切换设自动联锁控制,由自动转换开关完成。应急电源与正常电源之间必须采取防止并列运行的措施。一个应急母线段为消防设备供电,另一个应急母线段为重要保障设备供电。

通过经济技术分析,考虑接近负荷中心和满足供电半径要求<sup>[3]</sup>,医疗综合楼内还设置了2#配变电所。其内设置4台变压器。每台变压器后设置1段馈电母线。其中的2段馈电母线后各接1段应急母线段。

行政培训综合楼内设置3#配变电所。其内设置2台变压器。

低压配电采用放射式、树干式或两者相结合的配电方式。对于容量较大的负荷和重要负荷采用放射式供电。对于一般负荷及小容量负荷采用树干式或与放射式相结合的供电方式。消防负荷及重要负荷采用双电源供电并在末端自投的配电方式。消防末端配电箱设置在消防水泵房、消防电梯机房、消防控制室和各防火分区的配电小间内;各防火分区内的防排烟风机、消防排水泵、防火卷帘等可分别由配电小间内的双电源切换箱放射式、树干式供电。<sup>[4]</sup>

## 3 变压器负荷计算

获得供配电系统设计所需的各项负荷数据,选择和校验变压器。采用需要系数法将变压器实际负荷转换为计算负荷。此计算方法的理论依据为,2h内变压器所接实际变动负荷产生的最大热效应与计算负荷的热效应相等。<sup>[7]</sup>

有功功率:

$$P_{js}=K_x \cdot P_e$$

无功功率:

$$Q_{js}=P_{js} \cdot \tan \varphi$$

视在功率:

$$S_{js}=\sqrt{(P_{js}^2+Q_{js}^2)}$$

式中:  $K_x$ 表示需要系数;  $P_e$ 表示用电设备功率, kW。

考虑到变压器的合理经济运行,变压器的负载率宜在75%~85%。

## 4 柴油发电机组容量计算

由于医院建筑内有大量的特级负荷,所以一般设置柴油发电机组作为应急备用电源。柴油发电机组容量的选择一般依据3组公式<sup>[7]</sup>。

4.1按稳定负荷计算发电机组容量

$$S=\alpha P_{\Sigma} / \eta / \cos \varphi=0.62 \cdot 500 / 0.88 / 0.8=440(\text{kVA})$$

按单台最大的电动机启动的需要:

$$S=\left(\frac{P_{\Sigma}-P_m}{\eta+P_m K C \cos \varphi_m}\right) / \cos \varphi=\left(\frac{500-132}{0.88+132 \cdot 10 \cdot 0.67 \cdot 0.4}\right) / 0.8=964(\text{kVA})$$

按启动电动机时母线允许电压降计算:

$$S=P_n K C X''_{\Delta E} (1 / \Delta E - 1)=132 \cdot 10 \cdot 0.67 \cdot 0.25 \cdot (1 / 0.2 - 1)=884(\text{kVA})$$

式中:  $\alpha$ 表示负荷率;  $P_{\Sigma}$ 总负荷kW;  $\eta$ 负荷效率;  $P_m$ 最大的电动机容量, kW;  $K$ 电动机启动倍数;  $C$ 电动机启动系数;  $\cos \varphi_m$ 电动机启动功率因数;  $P_n$ 启动电动机负荷, kW;  $X''_{\Delta E}$ 电动机暂态电抗;  $\Delta E$ 应急负荷中心母线允许的瞬时电压降。

最后根据计算结果中的最大值确定柴油发电机的容量为800kW。

## 5 短路计算

本项目低压网络如下图。设高压侧系统短路容量为无穷大。变压器、母线和电缆的阻抗值可以在设计手册和图集内查到。

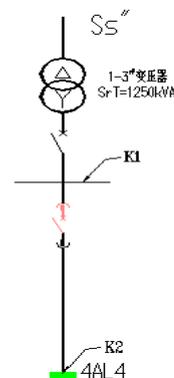


图5-1 低压网络短路电流计算电路

阻抗:  $Z_k = \sqrt{R_k^2 + X_k^2}$

相保阻抗:  $Z_{php} = \sqrt{R_{php}^2 + X_{php}^2}$

三相短路电流:  $I''_{k3} = 1.05U_n / \sqrt{3} / Z_k$

单相接地故障电流:  $I''_{k1} = U_n / \sqrt{3} / Z_{php}$

式中:  $R_k$ 为设备电阻 $\Omega$ ;  $X_k$ 为设备电抗 $\Omega$ ;  $R_{php}$ 为设备相保电阻 $\Omega$ ;  $X_k$ 为设备相保电抗 $\Omega$ 。<sup>[6]</sup>

经过计算K1点的三相短路电流( $I''_{k3}$ )27kA,可以确定变压器出线侧断路器的额定极限短路分断能力 $I_{cu} \geq I''_{k3} = 27kA$ 。

由K2点的单相接地故障短路电流( $I''_{k1}$ )0.98kA,可以确定照明配电箱4AL4的断路器瞬时过电流脱扣器整定值,既 $I''_{k1} \geq 1.3 \cdot I_3$ ,  $I_3 \leq 754A$ 。<sup>[5]</sup>

## 6 电压偏差计算

为了保证供电网的电能质量;用电设备能够运行在良好的供电环境,有良好的使用寿命;节约用电成本;验证供电线路在合理的供电范围内。所以要做用电点的电压偏差计算。

建筑内电压降主要是供电线路造成的。所以选取典型供电线路进行电压偏差计算。

电压偏差的计算公式<sup>[7]</sup>,三相平衡负荷线路:

$$\Delta U = I l \Delta U_i \%$$

单相负荷线路:

$$\Delta U \approx 2 I l \Delta U_i \%$$

式中:  $\Delta U$ 电压降百分数;  $I$ 负荷电流A;  $l$ 线路长度km;  $\Delta U_i \%$ 三相线路单位电流长度的电压降百分数。

根据规范要求供电电压偏差允许值:一般场所的照明为 $\pm 5\%$ 额定电压;电动机为 $\pm 5\%$ 额定电压。<sup>[2]</sup>

## 7 结语

受文章篇幅限制,本文简单叙述了医院供配电系统的常规结构形式,并简要说明了系统设计中会涉及到的电气计算内容。同时列举了几个有代表性的点位的计算。

工程实践中,电气计算的工作量是十分巨大和复杂的。电力系统本身就不稳定,供电端和用电端实时发生变化。这就使得供电系统的状态非常多样。然而供配电系统的设计又需要我们对可能产生的状态做出预判。因为这是我们选择各种电气设备的依据。现实工作中受很多制约因素的限制,要求设计人员找到一种能够简单、高效计算的方法。提高建筑供配电系统设计的生产效率。近年也出了一些计算软件,可以帮助设计人员减轻电气计算工作量。

受笔者能力、水平限制,文中有错误或疏漏处,欢迎赐教指正!

## [参考文献]

[1]中国建筑设计研究院.JGJ312-2013医疗建筑电气设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.

[2]中国机械工业联合会.GB5052-2009供配电系统设计规范[S].北京:中国计划出版社,2010.

[3]中机中电设计研究院有限公司.GB50053-2013 20kV及以下变电所设计规范[S].北京:中国计划出版社,2014.

[4]中国建筑东北设计研究院有限公司.GB51348-2019民用建筑电气设计标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2019.

[5]中国机械工业联合会.GB50054-2011低压配电设计规范[S].北京:中国计划出版社,2012.

[6]中国电力科学研究院有限公司,等.GB/T15544.1-2023三相交流系统短路电流计算第1部分:电流计算[S].北京:中国标准出版社,2023.

[7]中国航空设计规划研究总院有限公司.工业与民用供配电设计手册[M].4版.北京:中国电力出版社,2016.

## 作者简介:

富九思(1982--),男,汉族,北京市人,本科,高级工程师,建筑电气工程。