

通信电源技术及发展趋势

作者: 熊兰英 发布时间: 2006-10-23

一、前言

通信电源作为各种通信系统中必不可少的重要组成部分,其任务是安全、可靠、高效、稳定、不间断地向系统提供能源。随着通信技术的日新月异发展,对通信电源系统提出了越来越高的要求;而且,电源的发展是与电力电子技术、功率器件和控制技术紧密相关的,尤其是大功率的IGBT和MOSFET的出现,带动着通信电源的开关技术和控制技术的发展,国内一些发展通信设备的大企业,技术上和管理上努力与国际接轨,具备ISO9001质量保证体系,使通信高频开关电源得到了成功广泛应用,也得到广大用户的积极认同。通信电源已具有功能齐全,质量稳定,并能实现全智能集散式监控、无人值守、电池自动管理,功能上基本接近国际先进水平。

二、开关电源的发展

开关电源的发展经历了线性电源、相控电源到开关电源的发展历程。开关电源具有功率转换效率高、稳定范围宽、功率密度比大、重量轻等特点,目前,在市场上产品基本上为相控电源和开关电源,而且开关电源将取代相控电源成为新一代通信电源的主体。开关电源向着高频小型化、高效率、高可靠性发展。

1、工作频率高频化

开关稳定电源工作频率高频化的主要目的是为了进一步减轻重量、缩小体积以及改善开关电源的性能。现在,开关电源的开关频率达100KHz以上已不是难事。

2、电路集成化

为了缩小体积,除了提高开关电源的开关频率之外,电路集成化也是重要的一方面。

3、体积小型化

随着集成化和高频化的发展,开关电源的体积变得越来越小。一些小功率的开关稳定电源已被做成模块插件形式,使用起来极为方便。80年代,国外通信电源基本上采用的PWM控制技术的MOSFET的开关整流器,开关频率均在50KHz左右。进入90年代,零电压和零电流软开关PWM技术的成功应用,而且工作频率可以作到250-350KHz。可以看出,通信电源的体积将作得更小,功率密度越来越高。

4、谐振软性开关变换电路将成为新一代变换电路的发展主流软开关技术的应用使得开关电源的效率越来越高。

5、智能化技术

计算机网络、计算机通信、计算机控制技术得到了快速的发展，为集计算机网络、计算机通信、计算机控制技术于一身的通信电源监控系统进一步发展和完善提供了条件，逐步实现了少人值守、无人值守。

三、通信电源系统

通信电源系统按照容量来分可以分为：一是中小容量电源系统（输出容量300A以下），适用于模块交换局、移动基站、接入网等；二是中大容量电源系统（输出容量300A-600A），适用于中小交换局、移动基站、卫星通信站等；三是大容量电源系统（输出容量600A以上），适用交换局、汇接局、长途局和关口局等。根据用户需求，可以平滑扩容，如安圣电气有限公司的通信电源系统可以做到20A-6000A的平滑扩容。

通信电源系统由交流配电、整流柜和直流配电及监控模块组成，集散式监控系统可以满足将交流配电柜、直流配电柜及整流柜放在不同的楼层实现分散供电而能实时有效地监控的需求。对于交流配电柜，主要完成市电输入或油机输入的切换及交流输出的分配功能，一般还要求对所有带电体采取防护措施，必要的三级防雷措施，单面操作维护及本机实时显示工作状态和保护告警等功能。直流配电柜则主要完成对直流输出路数的分配，电池接入与负载连接等功能，还要求配电线的自由出线，正面操作维护，可实现柜内并机和柜外并机，本机状态显示和保护告警，对配电的所有熔断器输出，应能对每一路熔断器的通断状态进行检测。整流柜的主要功能是将输入交流电通过转换，输出满足通信要求的直流，一般整流柜由许多整流模块并联组成，共同分担负载，并能良好均分负载，而且其中一个模块有故障还不能影响系统正常工作。整流模块是整个电源系统的核心。安圣电气是整个电源系统的核心。安圣电气有限公司通信模块采用低压差自主均流法，模块之间的电流不均衡度小于3%，模块还具有输出短路故障自动恢复功能。

监控模块除了要实现将交流配电柜、直流配电柜和所有模块监控起来外，还需完成电池自动管理功能，包括停电后来电的预限流功能，二次下电功能，以及网络化功能。

通信电源系统是通信的能源供给者，除了可靠稳定地工作外，其电磁兼容性设计，防护设计以及可操作性和可维护性也是很关键的。

四、开关电源技术的现状与发展趋势

开关电源的基本结构可分为主电路、控制电路、监控电路以及辅助保护电路等。主电路有电网滤波、整流桥、PFC电路、DC-DC电路、输出滤波电路组成；控制电路主要有PWM脉冲信号或SPWM脉冲信号；监控电路一般有CPU电路、通信接口、显示电路等；辅助保护电路一般有给控制电路等供电的辅助电源、输入过欠压保护、输出过欠压保护、过流保护、防雷保护、短路保护等。

1、软开关技术

软开关的最大优点是减少了开关损耗，提高了效率，为进一步提高变换频率提供了有力的依据。软开关

是在开关器件的导通和关断过程中，开关管上的电压或电流保持为零，使开关管上的电压和电流重叠区为零，也即零损耗开通或关断技术。这样，损耗大大减少。软开关技术最近发展较迅速，已经成功应用于产品中，而且软开关的实现方法多种多样，常见方法有：缓冲电路、谐振环路和谐振开关等。基本思路是利用电路中的电感或电容储能元件在开关管开通和关断时，使电压或电流转移或谐振到零，从而达到零电压或零电流开关。

软开关技术现已有相当成熟的产品应用，如零电压零电流（ZVZCS）全桥移相变换器，应用于安圣电气的HD4850-2通信模块电源（输出42-58VDC、额定50A电流），效率高达93%及边缘谐振的全桥变换电路应用于HD48100（输出42-58VDC，额定100A电流）及HD48200（输出42-58VDC，额定200A电流）通信电源模块。应用于全国广大的邮电用户。

软开关技术的发展将朝着简化电路，提高整体可靠性的方向发展。

2、PFC电路

传统电力电子设备（包括电源）的大量采用，对周围电子设备产生危害，同时对电网产生谐波“污染”。一方面产生“二次效应”，即电流过线路阻抗造成谐波电压降，反过来使电网电压也产生畸变；另一方面，会造成电路故障，使变电设备损坏，如变压器过热、LC振荡、高次谐波电流流过电容使之过热爆炸等。为此，降低电力电子设备的谐波损耗（THD）、提高功率因数（PF）成为学术界研究热点，各生产厂家也不断推出相关产品。降低电力电子设备的谐波损耗、提高功率因数主要有以下方法：1、无源功率因数校正（PASSIVE POWER FACTOR CORRECTION, PFC）通过在电路中加入无源元件（如电感L、电容C、二极管D）来降低谐波损耗、提高功率因数。PFC在功率较小（一般小于400W）时，能满足IEC谐波标准。PFC具有简单、可靠、成本低的优点。2、有源功率因数校正（ACTIVE POWER FACTOR CORRECTION, APFC）即通常所说的PFC，通过有源器件实现。APFC在功率超过500W左右时采用较多，且能满足IEC谐波标准。单相APFC技术相当成熟，且有许多成功的软开关专利技术应用，已在通信电源产品中大量采用。三相有源PFC技术控制复杂，成本较高，现基本处于研究推广阶段，在通信电源产品中还很少采用。

三相PFC与单相PFC的基本出发点是相同的，即使电流跟踪电压而变化，从而提高功率因数、减小谐波损耗。

PFC的控制技术有乘法器PFC技术（电感电流连续）、电压跟随器PFC技术（电感电流断续）、PFC的软开关技术、三电平PFC技术、磁放大PFC技术。

目前，国际上关于谐波的标准主要有IEC标准，也是国内的主要参考标准。

在通信电源中，输出功率3KW以下，一般采用单相输入，功率在3KW以上，一般采用三相输入。三相PFC技术目前是研究的重点，从电路拓扑、控制技术、软开关技术、单级变换技术、建模与仿真技术几个方面学术界进行了许多研究。在各主要通信电源生产厂家，竞相开展三相PFC技术的工程化研究。

传统三相AC-DC变换器为不控整流或相控整流：1）具有简单、可靠、成本低的优点；2）但存在网侧功率因数（PF）低（一般小于0.95）、谐波电流大、不满足IEC谐波标准、对电网及其他设备有不良影响等缺点。在电感电流连续，三相的电压和电流波形见下，由此可见，采用此种办法谐波含量还是较大的，PF值理

想情况下才95%，电流中含有较大的六次谐波，影响电网质量，同时，严重影响了第5次和第7次谐波成分。想进一步提高只有改变拓扑结构或控制技术。

三相APFC技术通过功率开关实现PF校正、减小谐波。其目标可以概括如下：

A 网侧电流波形接近正弦，降低谐波损耗（THD<5%）

B 网侧功率因数接近1（PF \geq 1）

C 负载适应范围宽（理想情况与负载无关）

D 适应大范围的电网波动（大于20%）

E PFC变换效率高（大于96%）

F 电磁兼容性好（满足EMC标准）

G 整机低成本、体积小、重量轻、高可靠性

安圣电气研究的单开关DCM三相有源PFC电路，额定输出功率6KW，PF值可以达到0.99以上，效率高达0.97。

3、电路设计

开关电源电路属于强非线性的动态系统，对其进行解析确是非常困难的。一般情况下，对变换器的建模方法可分为两大类，一是数字仿真法，一是解析建模法。数字仿真法是指利用各种各样的算法对开关变换顺进行数值计算得到某些特性数值解的方法；可以对电路进行全面的分析，在分析与设计甚至调试过程中起着重要的作用，如采用分析软件PSPICE、SABER等，不需要新建立电路模型，只需建立电路的仿真模型或等效电路就可以了，分析方法简单、直观，越来越得到广泛的应用。解析建模法是指利用解析表达式来描述开关变换器特性的建模方法，此法直观明了，物理概念清楚、可以利用线性电路和古典控制理论对开关变换器进行稳态和小信号分析，对设计有一定的指导意义，主要有离散法、平均法、符号法及PFC电路的建模法等。

计算机仿真技术应用越来越广泛，主要从以下几个方向发展。

★数字电路与模拟电路相结合；

★控制策略与实际应用电路相结合，如DSP控制技术策略，PWM、SPWM控制策略，空间矢量控制策略等；

★建模方法向硬件描述语言过渡，逐步实现标准化，如MAST语言，Sp-ectreHDL等；

★多种仿真工具相结合，电路仿真、热仿真、流体仿真、应力仿真相结合，仿真工具如：Saber，Ansys，Cadence等。

★运用仿真进行可靠性、稳定性及量产性分析等。

4、电磁兼容性设计（EMC）

进行通信电源设计时，需要电磁兼容性设计，减少对外部环境的干扰控制，同时，外部环境的干扰不能引起设备的不正常反应。为了对电网质量进行控制，减少各种“污染”，近年来国际电工委员会（IEC）相继发布了ICE61000系列电磁兼容标准，我国国家质量技术监督局决定在国内“等同”采用，通信行业颁布的《通信电源设备电磁兼容性限值及测量方法》对各种干扰进行了详细的规定。内容包括传导、辐射、谐波电流、电压起伏和闪烁及抗扰性要求，抗扰性要求又包括辐射电磁场、射频连续传导信号、流涌、电快速瞬变脉冲群、电压跌落与中断等。安圣电气开发的每一型号的通信电源均经过以上严格的EMC测试，只有满足要求的产品才能够进入量产。

5、防护技术

防雷设计是保证通信电源系统可靠运行的必不可少的一项要求，雷电对信息设备产生危害的根源是雷电电磁脉冲。雷电电磁脉冲包括两个方面，雷电电磁场则是产生感应雷过电压的根源。对通信设备而言，雷电过电压的来源主要有：感应过电压、雷电侵入波和反击过电压。一般情况下，采取系统防护、概率保护、多级防护的防雷原则。如安圣电气的通信电源系统在全国范围内采用的三级防雷体系。

三防设计是指防潮设计、防盐雾设计和防霉菌设计。电子设备的表面在潮湿的海洋大气中会吸附一层很薄的湿水层，即水膜，但水膜达到20-30分子层厚时，就形成化学腐蚀所必须的电解质膜，这种富含盐分的电解质对裸露的金属表面具有很强的腐蚀活性。另外温度突变，在空气中产生露点，会使印制线间绝缘电阻下降、元器件发霉，产生铜绿、引脚被腐蚀断裂等情况。湿热环境为霉菌的滋生提供了有利条件。霉菌以电子设备中的有机物为养料，吸附水份并分泌有机酸，破坏绝缘，引发短路，加速金属腐蚀。在工程上，可以选用耐蚀材料，再通过镀、涂或化学处理即通过对电子设备及零部件的表面覆盖一层金属或非金属保护膜，使之与周围介质隔离，从而达到防护的目的。在结构上采用密封或半密封形式来隔绝外部不利环境。对印制板及组件表现涂覆专用三防清漆可以有效避免导线之间的电晕、击穿，提高电源的可靠性。变压器应进行浸漆，端封，以防潮气进入引发短路事故。

6、安规设计

对于电源而言，安全性历来被确定为最重要的性能，不安全的产品不但不能完成规定的功能，而且还有可能发生严重事故，甚至造成机毁人亡的巨大损失。为保证产品具有相当高的安全性，必须进行安全性设计。电源产品安全性设计的内容包括防止电危险、过热危险。对商用设备市场，具有代表性的安全标准有UL、CSA、VDE等，内容因用途而异，容许泄漏电流在0.5-5mA之间，我国用军标准GJB1412规定的泄漏电流小于5mA。目前大型的通信电源制造商其产品已取得国内、国际的安规认证。如安圣电气的通信电源产品已全部取得中国CCEE安全认证，大部分产品已取得UL的安全认证。

7、结构造型

现代机械设计的概念比较复杂，在满足功能的前提下，还要满足情趣、品味、生产管理、价格等各方面

的要求。通信电源在产品结构性能方面是朝着单面操作，自由出线；模块化设计，降低成本；小型化等方向发展的。结构造型的市场发展方向将是严格按IEC-297标准尺寸设计，与国际同行业接轨，要求不同企业的产品能互相替换；而且能满足安全规范、EMC测试要求等。如安圣电气的中大容量电源系统均采用国际标准的19英寸拼装机柜。

8、操作与维护

在系统日益小型化基础上，操作和维护的方便性就显得非常之重要。这就要求系统在设计之初就要考虑进去，全正面操作与维护，机柜靠墙安装；在线维护；热插拔技术的运用。如安圣电气的PS48400-2/50电源系统的直流配电采用插箱式结构，满足各种差异需求，方便安装与维护；整流模块采用无损伤热插拔技术；风冷自然冷兼容性设计；风扇更换时间小于30秒，防尘网更换时间小于20秒，方便维护。

9、智能化监控

现在的通信电源系统基本上采用集中分散式监控系统，对系统中的每一状态量和控制量进行监控，并通过网络技术将这些信息送到相关人员手中。同时对电池进行全自动化的管理，包括电池的在线管理控制其充放电电流大小，均浮充转换，以及停电后来电的预限流控制，还有电池的放电测试等。监控模块对整流模块电压调节与无级限流控制，检测整流模块的各种状态并进行必要的保护和告警。未来通过监控模块可以上网，将数据在internet网上进行传输。维护人员只要通过internet就可以随时随地进行数据的查询、维护工作。如安圣电气的PSM-A监控模块就具有完善的电池管理和二次下电功能，大屏幕显示，配有多种RS485/422、RS232、，内置MODEM或外置MODEM，干接点输出等多种接口，100条历史告警内容记录。