

[动态无功补偿]

配电网中基于DSP的动态无功补偿装置研究

文/宋铁城

中油电能电力技术服务公司内蒙古海拉尔供电分公司

在交流电力系统优化设计和运行中无功功率是重要内容之一，决定着电力系统运行的安全性与经济性。近年来，我国电力系统规模不断扩大，对电力系统的无功功率提出了更高要求，因此对基于数字信号处理器（DSP）的动态无功补偿装置的研究尤为重要。对动态无功补偿技术进行总结，论述了配电网中基于DSP的动态无功补偿装置的设计内容。

近年来，配电网应用频率大幅提升，再加上非线性冲击负荷的应用，对配电网供电质量产生了极大影响。为了满足用电需求，基于数字信号处理器（Digital Singnal Processor, DSP）动态无功补偿设备的应用尤为重要，该设备能够弥补配电网中的无功功率损失，提升电网的电压质量，为电力系统稳定运行创造良好条件。从配电网运行角度来说，动态无功补偿装置能够提升其运行效率，帮助企业获得更高的经济效益。

动态无功补偿技术概述

无功补偿技术的常见形式有动态补偿和静态补偿两种。其中，动态补偿主要是根据负荷信息，确定固定容量补偿电容和电感的安装内容；静态补偿是根据感性或者容性变化，对电容容量、电感量完成切换补偿操作，强化补偿效果。总的来说，动态补偿具备高效性特点，在动态补偿帮助下，功率因数能够得到良好改善，控制线路损耗数量。

无功补偿装置的安装与维护

1. 无功补偿设备的安装

工作人员应做好投退电容器检查工作，当补偿设备装配工作结束后，相关人员应重点对电压、电流

相位进行测量，保证其数值的合理性。执行维护任务时，工作人员应做到仔细检查，重点了解功率因数较低的原因，为分补电容器的设定创造有利条件。

2. 无功补偿装置的运转维护

首先，定期开展数据分析和采集工作。执行数据信息采集任务的间隔时间为三个月，管理者可根据配电网系统负荷情况，对数据采集的时间间隔进行合理调整。补偿设备运行中产生的信息数据类型较多，同时生成不同的报表，如月电压报表、配变负荷报表等。相关人员需要充分利用报表内容实现对无功补偿设备的优化和调整。例如，电容器动作记录报表能够反映补偿设备内部电容器的投切运行状态，提出无功电压的优化成效。其次，强化补偿设备的故障检修和维护力度。配电网中涉及的设备类型很多，无功补偿设备便是其中之一，该类设备运行时间较长，容易出现故障。相关企业应提升对无功补偿装置的故障检修和巡查力度，制定合理的预防措施，使无功补偿装置始终处于稳定运行状态，避免其补偿作用失效。

配电网中基于DSP的动态无功补偿装置设计内容

1. 基于DSP的动态无功补偿系统硬件设计

在系统控制器（TSC）主控单元设计方面，芯

片是核心，芯片能够将采样、计算及通信等功能结合在一起，具体结构如图1所示。

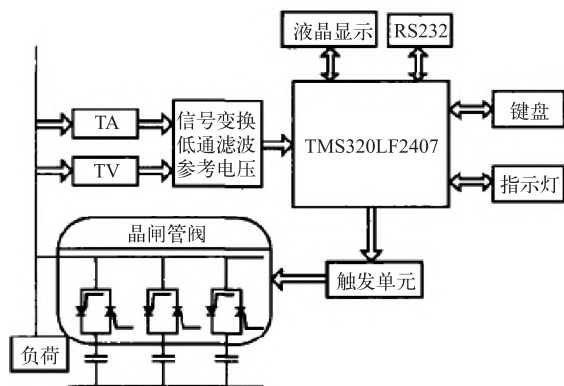


图1 补偿装置构造示意图

从功能角度来说，该装置由DSP控制、主电路和外围电路控制器三部分组成。控制器采集系统内部三相电流和电压数据，之后计算系统内部无功功率，并将计算结果与用户设定的投入门限等内容进行对比，明确电压幅值的最佳情况，为后续电容器机组投切创造有利条件。在投切命令下，触发电路开始运转，此时，如果主体电路保持电压正向峰值，晶闸管便会得到控制，保证电容器机组处于良好的操作状态，改善电压质量，在提升功率因数同时，降低网络损耗。

(1) 主电路模块

主电路模块涉及所有电容器组，设备运行时根据复杂情况在所有电容器支路进行电抗器连接操作，主要连接方式为串联。一般来说，低压配电系统建设时重点应用TSC开展基波无功补偿，如果配电网系统内部非线性选择电荷数量较多，工作人员可以在电容器接入时采取并联方式，对电容器组内部谐波阻抗进行控制，但进入电容器组的谐波电流值很高，容易导致电容器超负荷运转，对其使用寿命会产生影响。

(2) 电磁屏蔽保护

电磁屏蔽保护让配电网系统处于安全运行状态，避免高频磁场干扰情况。针对主电路系统设计，常见形式为空间矢量脉冲宽度调制（SVPWM）控制。在该控制模式下，功率开关对应的频率较高，系统在开关动作控制上。如果以具体频率标准为基础，对应的电流和电压内部存

在离散功率谱。高频率开关在应用时伴随着大量的切换操作，电磁干扰出现的几率更高。为了解决该类问题，相关人员在隔离电路设计上引入分路耦合与电磁耦合，呈现了好的电磁屏蔽效果。例如，在利用光纤信号执行传输任务时，功率模块以及控制模块中的信息传输可通过光纤或耦合形式完成，建立起电隔离程序，传输速度极快。

2. 动态无功补偿软件设计

(1) 采样中断模块

当程序保持在A/D中断状态时，DSP可进行采样数据读取，该项操作在一个周期内完成，之后执行FFI运算程序。运算程序设计主要有反序和蝶形运算。同时，FFI程序的构建需要依靠汇编语言，让间接寻址模式等内容得到更好应用。主程序设计常见的编程语言为C语言，展示数据可移植性优势。

(2) SVPWM信号产生模块

脉冲宽度调制（PWM）波形形成模块对配电网无功补偿过程产生巨大影响。具体操作过程中，主要是通过采集配电网电流数据，之后通过DSP模块执行内置运算工作，了解需要补偿的无功电流数值。当数据输入到SVPWM生成模块后，PWM信号会随之发出，保证绝缘栅双极型晶体管（IGBT）导通和关断操作得到有效驱动，为后续工作提供支持。

(3) SVG无功补偿控制系统

在无功电流及无功电流参考值检测方面，SVG无功补偿控制系统呈现实时跟踪效果，避免结果误差范围过大，提升系统的补偿精度。调整重点是无功功率方面，以电网实际需求为基础，做到实时补偿，保证动态补偿的迅速性。除此之外，相关人员也可以通过双闭环控制模式，对直流电压进行全方位控制，可靠性优势极为明显。

结束语

以DSP为基础的动态无功补偿装置保证无功功率得到有效补偿，让最佳功率处于合理范围内。另外，该装置规避补偿与投切过程中的振荡，抑制谐波与电压闪变等，降低线损与变压器损耗。EA

(收稿日期：2023-03-09)