**工厂供配电系统无功补偿容量计算中所需注意问题**

作者：赵淼

单位：中海油天津液化天然气有限责任公司，邮编：300452

**摘要：**

本文较为全面地讨论了工厂供配电系统无功补偿容量计算所涉及到的提高系统的自然功率因数、同步电动机的补偿能力、按照不同补偿目标进行补偿计算的方法、电容器的实际输出容量等具体问题。

**关键词**：工厂供配电系统；无功补偿容量计算

**正文：**

工厂供配电系统无功补偿设计是工厂供配电系统设计的必备环节。但无功补偿设计不仅仅涉及到无功补偿量的计算，还涉及到提高系统的自然功率因数、同步电动机的补偿能力、按照不同补偿目标进行补偿计算的方法、电容器的实际输出容量等具体问题。本文将一一进行探讨。

**1 提高系统的自然功率因数**

工厂供配电系统中电动机及变压器等设备励磁时从系统抽取的感性无功电流将降低整个工厂的功率因数。线路上的无功电流不仅会造成线路压降过大，降低供电质量，而且会在线路上产生功率损耗和发热，不利于企业的节能并提高了企业的生产成本。同时，为企业提供额外的无功电流，将占用电网的供电能力，降低电网的收益，因此，电网会向功率因数不达标的用电企业收取一部分罚款作为补偿，这也会增加企业负担。所以用电企业在设计阶段就应该做好工厂供配电系统的无功补偿设计。首先应该提高的是企业的自然功率因数。具体有如下方法。

**1.1 提高电动机的负荷率**

电动机如果出现大马拉小车的现象，说明其从电网抽取的功率中，输出于电机轴上的有功功率少，用于励磁的无功功率多。经计算，负荷率低于40%的电机，应予以更换。

**1.2 合理选择变压器容量**

变压器的负荷率宜在75%-85%之间。低于此值，变压器的功率因数会降低，负荷率过高，长期运行的变压器发热量会较高，容易造成绝缘老化，形成潜在的危险因素。通过负荷计算确定变压容量时，由于负荷计算使用的是30分钟即可使导体达到热稳定所需的电流，所以选出的变压器容量偏大，这一点在变压器选型中应予以考虑。在设计时，应将负荷在不同变压器间均匀分布，并且将不同性质的负荷分布在不同变压器上，如设立照明专用变压器，在白天切除。这样可以将变压器负荷率控制在合理的范围内。

**1.3 大功率恒速电动机考虑使用同步电动机**

同步电动机功率较大，且长期以同步速运行，适用于大功率恒速负载。在调节其励磁后，可以使同步电动机超前运行，向系统输出无功，成为工厂无功电源，减少了电容器投资。

**2 同步电动机的补偿能力**

当同步电动机负荷率β在0.4-1之间时，其补偿容量按照（式1）计算：

（式1）

—同步电动机额定容量，KVA

--同步电动机额定功率因数角

—同步电动机负荷率

—同步电动机带负荷时的无功增加系数其值见表1：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | γ |
| 0.8 | 0.6 | 0.2 |
| 0.9 | 0.44 | 0.36 |
| 1 | 0 | 0.4 |

表1

当同步电动机负荷率β低于0.4时，其补偿容量按照（式2）计算：

（式2）

**3 按照不同补偿目标进行补偿计算的方法**

**3.1 按计算负荷进行补偿容量计算**

工厂供配电系统在进行负荷计算时，是按照使导体在30分钟即可达到热稳定的电流进行的。在实际使用中，常常达不到这个电流，所以计算结果会偏大。用这个结果进行无功补偿计算，取得的电容量也会偏大。但是这样做的好处，是在最大负荷时，也能保证企业的功率因数。缓解电容量偏大的方法，是对电容器进行分组自动投切，这样可以满足且企业在不同负荷工况下的补偿需求。所需电容器容量按（式3）计算：

（式3）

—最大负荷有功功率，KW

—补偿前功率因数正切角，通常在负荷计算中计算得到

—目标功率因数正切角，由当地供电部门给出

**3.2 按经济要求进行补偿容量计算**

如前文所述，按照计算负荷得到的电容量过大，导致设备投资增加。大部分企业在实际运行中，达不到最大负荷运行。为了节省设备投资，在设计时，可按照各个不同行业的平均负荷计算补偿容量。公式如下：

（式4）

—年平均有功负荷系数，各个不同的行业有不同系数

**3.3 按提高电压要求进行补偿容量计算**

感性无功电流在线路上产生压降，降低了供电质量。电容并联补偿向系统提供与感性无功相位相反的容性无功电流，实现了就地补偿，减少了从系统抽取的无功电流，从而提高母线及线路电压。以此为目的进行电容量计算公式如下：

（式5）

—母线电压升高的目标值，KV

—补偿前母线电压，KV

—送电线路感抗值，Ω

无功补偿后的电压损失的变化，可用下式进行验算，

对于线路： （式6）

对于线路： （式7）

—变压器短路电压

—线路电压，KV

—变压器容量，KVA

**3.4 电容器安装容量的估算**

在可行性研究等项目前期阶段，为了估算出电容器设备的投资，需要对电容器安装容量进行估算。此阶段没有详细的设备负荷，所以无法按照需要系数法等负荷计算方法详细计算。此时电容器的容量，可按照主变压器的10%-30%估算。

**3.5 发生谐振的电容器容量**

由于电容的容抗为，在高次谐波下，容抗会大幅度减小，形成电容对谐波的放大作用。在某一频率下，电容可能和系统内的感抗发生谐振，造成谐振过电压，危害设备绝缘和安全生产。因此在进行容量计算后，应分析计算系统的谐波含量，并使用下式对电容容量进行验算，防止出现谐波谐振。

（式8）

—发生n次谐波谐振的电容器容量，KVAR

—母线短路容量，MVA

—发生谐振的谐波次数

K—电抗率

**4 电容器的实际输出容量**

电容器实际输出的容量，除了同其自身的额定容量有关之外，还受到母线实际电压以及串联电抗的影响。电容器的输出容量与其运行电压的平方成正比，即。当运行电压低于额定电压时，会出现亏容现象。反之，会出现运行过载。长期过载会损坏绝缘，造成局部放电，最终击穿电容器。所以在电容器的实际使用中，要按照母线的实际电压进行容量折算。

电容器在实际使用中，会串联电抗器。这么做的目的有二。其一是为了限制短路电流。众所周知，电容器内部绝缘老化容易导致局部放电甚至击穿。串联电抗由于其电流不能突变的特性，会限制短路初期限制短路电流上升的幅度，从而达到限制短路的目的。其二是为了滤除高次谐波。电抗器的电抗为，在高次谐波通过时，会呈现高阻特性，对于基波，其电抗较小，因此可以起到滤除高次谐波的作用。

但是电抗器由于其无功电流与电容器反相，补偿掉了一部分电容电流，减少了电容的无功输出，所以在计算电容器实际输出容量时，应予以考虑。电容器进行电压及电抗折算后的容量计算如下：

电容器容量：

（式9）

—电容器额定容量，KVAR

—母线平均额定电压，KV，是标称电压的1.05倍

—电容器额定电压，KV

—电抗率

从上式可知，电容器的额定容量须经过母线电压的折算，考虑亏容或过载的影响。然后由于电抗补偿掉了部分电容容量，所以必须乘以以扩大电容器容量。

电抗器容量：

（式10）

可见，电抗器容量就是电容器容量的K倍。

最终电容器输出的实际电容量应是：

（式11）

**结语：**本文就工厂供配电系统的无功补偿计算问题，进行了四方面的讨论，分别是：提高系统的自然功率因数、同步电动机的补偿能力、按照不同补偿目标进行补偿计算的方法、电容器的实际输出容量。涵盖无功补偿计算相关内容较为全面。希望可以对读者在工厂的无功补偿设计中有所帮助。

引用文献：

1. DL/T5222-2005《导体和电器选择技术规定》
2. 《工业与民用配电设计手册》第四版

作者简介：赵淼，1979年生，男，汉族，籍贯天津，大学本科，毕业于西安交通大学，职称：工程师，目前工作：电气工程师

邮寄地址：天津市经济技术开发区第四大街弘景苑5-1303，邮编300457

电话：18222968180

Email:zm9837@qq.com