

# 安科瑞无功补偿装置-

## 为什么要进行无功补偿？无功补偿的原理、形式是什么？

产品名称	安科瑞无功补偿装置-为什么要进行无功补偿？ 无功补偿的原理、形式是什么？
公司名称	安科瑞电气股份有限公司
价格	.00/件
规格参数	品牌:安科瑞 型号:无功补偿装置 产地:江苏江阴
公司地址	上海市嘉定区育绿路253号
联系电话	19821750213 19821750213

## 产品详情

提及“无功补偿”，首先我们要了解无功功率的概念，什么是无功功率？

人们对有功功率相对容易理解，因为它能做功、产生热量、带动电机旋转等。例如，当交流电通过纯电阻时，电流能使电阻发热，即电能转换成热能，是实实在在能感受得到的能量。但“无功功率”一般则难于理解，它仅存在于交流电中，直流电不存在无功功率的问题。例如，当交流电流通过纯电容或纯电感负载时并不做功，也就是说纯电容或者纯电感负载不消耗有功功率，但在它们中流过的电流以及对应电压就形成了交流功率，这种交流功率即称为无功功率。理论上讲，无功功率是不做工的，当然它不应该产生光和热，更不能带动电机的旋转。

往往我们遇到的负载很少有纯感性或纯容性的，一般都是混合性负载，这样电流在通过它们的时候，有部分功率能做功，有部分功率不能做功，不能做功的功率就是无功功率，为了直观的体现无功功率和有功功率的关系，人们采用功率因数的概念来表述电能的利用率。功率因数越接近1，说明有功功率的占比高，电能的利用率高；反之，功率因数越接近0，说明有功功率的占比低，电能的利用率则低。为了提高电能的利用率，就提出了“无功补偿”的概念。

了解了无功功率、有功功率、功率因数的概念，也知道了无功补偿的根本目的就是提高电能利用率。接下来我们具体分析下：为什么要进行无功补偿、无功补偿的原理是什么、补偿形式有哪些以及补偿经济性的分析等。

### 一、为什么要进行无功补偿

无功功率不是无用功率，在交流供电系统中，电感和电容都是必不可少的负载，如电动机、变压器等铁磁性负载，如果没有感性无功的励磁，设备无法正常工作，比如定距离送电的线路本身，就是容性负载，只要是送电当中就会相当于电容器在工作。那么也就是说在交流供电系统中，无功的存在

对能量的传输和交换有着巨大意义，不可缺少，或者说离开无功功率的交换系统就不能正常工作。

那么，大量的无功由哪里来？系统中众多的无功负载，尤其是感性无功负载，正常来讲，这些负载所吸收的无功功率是由发电厂提供的，也就是说发电机在工作时就会向系统释放有功电能，同时对感性负载提供相应的无功电能。发电机运行时需要保持适当的无功输出，如果没有无功输出就会对发电系统造成破坏性的影响，也就是说保护系统的无功平衡至关重要。

当系统中无功功率需求变大时，如果不在系统人为地安装无功补偿装置，发电厂要通过调相的方式来加大无功功率输出，由于发电机的容量是有限的，那么就势必要减少有功功率的输出量，也就是降低发电机的输出能力，为满足用电的要求，发电机、供电线路和变压器的容量需变大，这样不仅增加供电投资、降低设备利用率，也将增加线路损耗。

为了降低发电厂的无功供给压力，我们在供电系统中感性负载消耗较大的点投入相应的电容器来为感性负载提供无功功率，这样就很大的减轻了发电厂的无功供给压力。用户应在提高用电自然功率因数的基础上，设计和装设无功补偿装置，并做到随其负荷和电压变动及时投入或切除，防止无功倒送。同时将用户的功率因数达到相应的标准，以避免供电部门加收力率电费。因此，无论对供电部门还是用电部门，对无功功率进行自动补偿以提高功率因数，防止无功倒送，对节约电能、提高运行质量都具有非常重要的意义。

## 二、无功补偿的原理是什么

### 1、从吸收能量和释放能量角度分析

一般在系统中所说的无功负载大部分是感性无功负载，把具有容性功率负荷的装置与感性功率负荷并联接在同一电路，当感性无功负载吸收能量时，容性负载释放能量，而感性负载释放能量时，容性负载却在吸收能量，能量在容性负载和感性负载之间交换，这样容性负载所吸收的无功功率可以从容性负载装置输出的无功功率中得到补偿，无功功率就地平衡掉，以降低线路损失，提高带载能力，降低电压损失及缓解发电厂的供电压力，这就是无功补偿的基本原理。

### 2、从相位（感性/容性）角度分析

纯电感负载中电流 $I_L$ 滞后电压 $90^\circ$ ，其功率称为感性无功功率；而纯电容负载中电流 $I_C$ 则超前电压 $90^\circ$ ，其功率称为容性无功功率。

电容中的电流与电感中的电流相位相差 $180^\circ$ ，可以相互抵消。电力系统中的负载大部分是感性负载，因此总电流 $I$ 将滞后电压一个角度 $\varphi_1$ ，如果将并联电容器与负载并联，这时 $I = I + I_C$ ，电容器的电流将抵消一部分电感电流，从而使总电流从 $I$ 降低到 $I'$ ，相位角由 $\varphi_1$ 减少为 $\varphi_2$ ，可以提高功率因数，无功就地得到治理。

## 三、无功补偿的形式有哪些

广义上讲，无功补偿的形式种类较多，比如：

按照补偿并网点PCC点电压等级不同，可分为高压补偿、中压补偿、低压补偿；

按照补偿点在输配电系统中的位置不同，可分为设备侧就地补偿、区域局部补偿、变电所集中补偿；

按照补偿设备类型，可分为投切电容器补偿（FC补偿）、机械旋转类补偿（如：同步调相机、同步发电机、同步电动机）、静止类无功补偿（静止无功补偿器：晶闸管投切电容TSC、晶闸管控制电抗器TCR、磁控电抗器MCR；静止同步补偿器STATCOM；静止无功发生器SVG）、复合类无功补偿（FC+TCR、FC+MCR、FC+STATCOM）等。

### 3.1 按照补偿位置区分的补偿形式

接下来主要针对低压0.4KV系统补偿点位置不同，无功补偿的形式做个简单介绍。

#### 1、设备侧就地补偿

设备侧就地补偿就是对单台用电设备所需的无功就近补偿的办法，把电容器直接接到单台用电设备的同一个电气回路，用同一台开关控制，同时投运或断开。这种补偿方法的效果较好，电容器靠近用电设备，就地平衡无功电流，可避免无负荷时的过补偿，使供电质量得到保证。这种补偿方式常用于高低压电动机等用电设备。但这种补偿方式在用户设备非连续运转时，电容器利用率低，不能充分发挥其补偿效益。

#### 2、区域局部补偿

区域局部补偿是将电容器分组安装在车间配电室或变电所各分路的出线上，它可以根据系统负荷的变化投入或切除电容器组，补偿效果也比较好，但造价相对较高。

#### 3、变电所集中补偿

变电所集中补偿是所有电容器组集中安装在变电所的一次或二次侧的母线上。这种补偿方式安装简单，运行可靠，可以集中补偿低压0.4KV系统的无功功率，对于变压器原边（一般是10KV计量点）功率因数的提升有比较直接的效果，这类补偿方式是当前采用较为广泛，性价比相对比较高的方案。

### 3.2 按照补偿设备类型区分的补偿形式

按照补偿设备类型细分的设备就非常多了，一般都是按照现场实际运行设备类型，各个补偿设备运行都各有利弊，在本文中我们主要针对市场上0.4KV配电系统中应用较为广泛的两类产品——投切电容器补偿（FC补偿）和静止无功发生器（SVG补偿），在此给大家做个简单的介绍。

#### 1、投切电容器补偿（FC补偿）

投切电容器补偿也就是传统的并联电容器补偿方式，他的原理是通过增加容性无功补偿负载的感性无功需求，提升负载电压的稳定性，提高功率因数。

由于早期并联电容器的投切是通过接触器来实现，接触器动作时间都是秒级，所以它的致命缺点是：合闸涌流大，严重的情况下可以达到补偿电容器额定电流的50-100倍，会产生较大的弧光，造成电容器和接触器的损坏。根据现场负载实际运行情况，市场上逐渐出现同步开关、复合开关、晶闸管开关等替代接触器的方案，在电压过零点合闸、电流过零点切断方面有了很大的提升，大大降低了投切涌流导致的设备损坏。

为了投切控制智能化、采集系统数据多元化、保护功能多样化、安装维护简单化，近些年又

衍生出了另一类投切电容器补偿——智能电容，相比于传统的电容补偿，它具有多项技术功能是传统电容器无法实现的。另外，随着负载设备电力电子化，配电系统谐波影响不容忽视，尤其对电容的影响，所以针对谐波的影响，FC补偿也做了很多相关改进，比如提出串抗率的概念，什么情况下用6%、7%的串抗率？什么情况下用13%、14%的串抗率？这部分内容后期做专题进一步讲解。

## 2、静止无功发生器（SVG补偿）

静止无功发生器是一种用于补偿无功的新型电力电子装置，它能对大小变化的无功以及负序进行快速和连续的补偿，其应用可克服FC补偿器等传统的无功补偿器响应速度慢、补偿效果不能准确控制、容易与电网发生并联谐振和投切震荡等缺点。

相比于FC补偿的三点优势在于：

线性补偿无功功率，补偿阶梯小于1KVar；

无极性补偿，既可以输出容性无功，也可以输出感性无功；

响应时间快，全响应时间小于5ms。

## 四、无功补偿的经济效益

### 1、补偿无功功率，提高功率因数

根据《功率因数调整电费办法》的通知内容，不难发现，功率因数以0.9为标准值的力率调整规定，提高功率因数可以减少总电费的缴纳，甚至功率因数高于0.9的配电用户，还能获得电力公司力率调整的奖励费用。

通过合理的补偿，使计量点的功率因数达到国家标准的要求，可以消除力率电费，从而使电力用户电费支出大幅度降低。

动态无功功率补偿装置的有功节能只是降低了补偿点至发电机之间的供配电的损耗。所以高压网侧的无功补偿不能减少低压侧的损耗，亦不能使低压供电变压器的利用率提高，根据补偿理论，就地动态无功功率补偿节能效果比较显著。

另外，市场上很多补偿设备宣传“节能”“省电”等等概念，也基本上都是从无功补偿入手，提高功率因数，减少力率罚款，或者由力率罚款转化为力率奖励的方式，最终实现为配电用户省钱的目的。所以关于无功补偿，在自然界能量传递的角度认识的话，严格讲并不属于“节能”“省电”范畴，但是实实在在可以给配电用户省钱。

### 2、降低输电线路及变压器的损耗

合理的补偿可以有效的降低系统电流，以系统自然功率0.7为例，如通过补偿装置将系统功率因数提高到接近1的水平，系统电流将下降30%左右，即线路和变压器的损耗可降为 $P=I^2R=(1-30\%)^2R$

$\approx 0.49R$ ，即线路和变压器损耗可降低51%。用电企业的自然功率因数一般在0.7左右，功率因数从0.7提高到0.95以上线损降低率和变压器的铜损降低率如下表：

降低线路及变压器损耗，节约有功电度，是重要的节能措施。如在石油行业中，线路比较长，而且比较复杂，那么可以通过增加无功补偿设备来降低运行电流，从而降低线路损耗，节约有功电度，节能效果明显。

### 3、增加电网的传输能力，提高设备利用率

由于补偿装置可以有效的降低系统电流和视在功率，故可以有效的降低电网建设中所有相关设备的容量，从而降低电网建设中的投资。功率因数在0.7左右的系统，由于有效的补偿可使系统电流下降30%，即提高发电厂、变配电设施30%的带载能力。

如果变压器及线路小容量不足时，可以通过安装无功补偿装置的方法解决。安装无功补偿装置可以使无功功率就地平衡，从而减小流过线路及变压器的电流，减缓导线及变压器的绝缘老化速度，延长使用寿命。同时可以释放变压器及线路的容量，增加变压器及线路带负荷能力。如，有一台100KVA变压器，目前负载率为85%， $\cos \phi = 0.7$ 。如果加装无功补偿设备，可使变压器释放30%的带载量，用户可在变压器不增容的情况下，增加负载，进行扩大再生产。

### 4、改善电压质量

由于系统存在的大量感性负载将造成供电线路压降，尤其在供电线路末端更为严重，通过合理的补偿可以有效的缓解线路压降，改善电能质量。

线路中的电压损失的计算公式如下：

式中：

P —— 有功功率，kW

U —— 额定电压，kV

R —— 线路总电阻，

Q —— 无功功率，kVar

XI —— 线路感抗，

由于系统的感抗远远大于阻抗，从上式中可以看到，无功的变化会引起电压产生很大的变化。当线路中，无功功率Q减小以后，电压损失也就减少了。

对于供电线路末端电压一般较低，可通过增加无功补偿装置来提升线路末端电压，使用设备安全可靠运行。

另一方面，随着工业的发展，大量的自控设备及非线性负载的使用，使大量谐波在供配电网络中的流动，污染电网。通过合理的配置补偿滤波设备，抑制或大幅度降低谐波对供电系统和用电设备的影响是改善电能质量的主要手段之一。

最后，电能质量问题随着新型电力系统的兴起，必然要面临很多电能质量相关问题，以下几类问题值得进一步了解、熟悉、探索：

谐振问题分析，什么是谐振？

什么现场经常会出现滤波器损坏现象？

滤波器就地补偿和集中补偿的区别？

要求谐波治理到5%，如何去理解？

加装滤波器到底能不能起到“节能”的作用？

储能、光伏、风电等电力电子器件的并网，对电能质量的影响如何？

微电网系统对电能质量的需求是否重要？

。 。 。