

关于非线性负载机组选型问题注意

对于非线性负载对油机的带载性能影响问题在有关技术文件上已有了不同层次的阐述，因不同的负载影响程度不同，也不能采用一个统一的公式进行计算来解决，因此本文就一些原则作一些说明：

1、负载性质

根据负载的特性可分为线性负载和非线性负载。

线性负载：电压和电流之间是线性关系的负载。常见的线性负载有加热器、白炽照明灯、变压器、直接启动或传统降压启动方式的电动机等。线性负载根据电压和电流的相位关系又可分为电阻性（如电阻、电炉、白帜灯等）、电感性（如感应电动机、变压器等）、电容性（如电容器等）负载。

非线性负载：电压和电流之间是非线性关系的负载。在负载投入、运行过程中，电压、电流的关系是经常变化的，其波形也不是我们常说的正弦交流波，而是含有不光滑的畸变成分，根据数学的方法可分解为基波和一系列的高次谐波，主要是5次、7次等奇次谐波。

2、常见非线性负载的类型

典型的非线性负载：

- (1) 软起动器（可控硅电动机启动器）。
- (2) 开关电源、UPS -（逆变元件,电池充电器）。
- (3) 变频控制的电动机、起重机、电梯、泵等制造过程控制（如温控箱、炉、加热器）。
- (4) 电子数据图象设备 – 电视、电影等无线电发射设备，可控灯光设备
- (5) 电信通信设备
- (6) 整流器、荧光灯等

3、现代负载的概念

随着电子技术越来越广泛的应用，从我们日常生活所用到的电气设备（如荧光灯、电视机、变频空调）到工业生产常用的设备（如变频电机、软启动电动机、高温炉），再到我们公司最重要的行业市场（如通信行业设备、机场无线电发射设备、机场跑道调光灯、油田钻机等），已不再是传统的感性负载为主的线性，而是以非线性负载特性

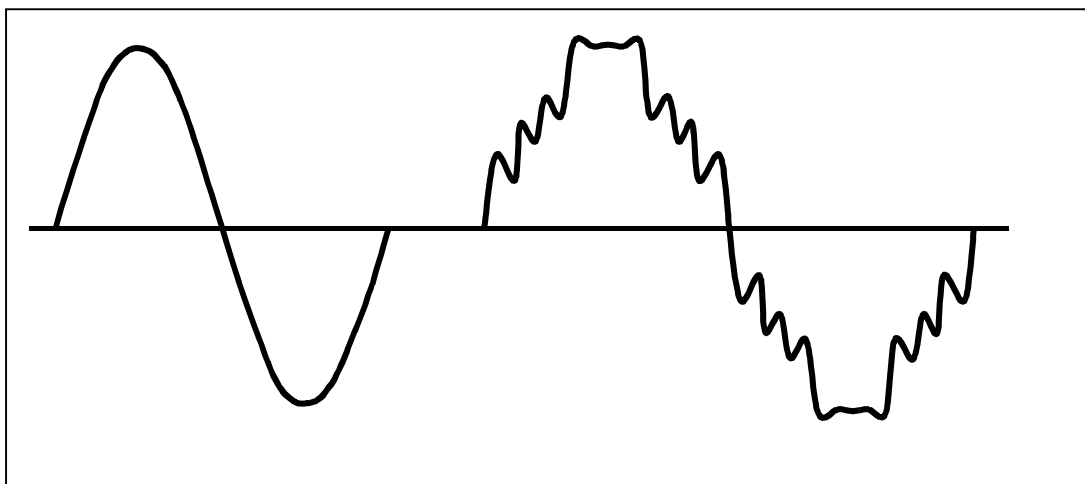
为主或多多少少都含有非线性成分的负载。因此有专家提出了现代负载的概念来统称这类负载。

提出现代负载概念对整个供电系统、配电系统、电气制造行业都有了更新的要求。一方面是要要求生产这类负载设备的厂家要从自己生产的设备上和技术改进，以减少对电网的影响，另一方面也对整个供配电系统有更高的要求。作为我们公司这样的柴油发电机组制造商更是要充分考虑到这一新的变化趋势，因为发电机组是一个容量相对很小的电源设备，更容易受到非线性负载的干扰而无法正常工作，尤其是用户对这方面不能充分认识时更可能会对我们的设备产生误会。

4、非线性负载的影响

柴油发电机组在带动非线性负载时如果选型匹配不当会产生如下不正常现象：

- (1) 发电机组的输出电压突然增高到 440V 以上，而且极不稳定。
- (2) 发电机组测量仪表或控制器检测到的输出频率在 40-60Hz 之间波动，极不稳定。
- (3) 发电机组在出现频率或电压异常的同时出现严重的机械共振现象，柴油机出现有节奏的摇摆和声音起伏，迫使柴油发电机组的保护装置动作或必须人工保护停机。
- (4) 非线性负载的高次谐波导致反常的导体发热，损坏发电机的绕组、励磁回路和 AVR。下图显示的是正常的正弦电压波形和畸变的电压波形。



- (5) 负载设备因检测到电压或频率的异常而自动切断电源开关，如果是 UPS 负载，将由后备电池组向负载放电或从旁路直接向负载供电。

5、解决问题的方法

(1) 选择发电机的励磁方式

新型发电机由于多采用无刷励磁方式，分为自励式和他励式，以我司标配的 STAMFORD 发电机为例，其励磁方式如下表：

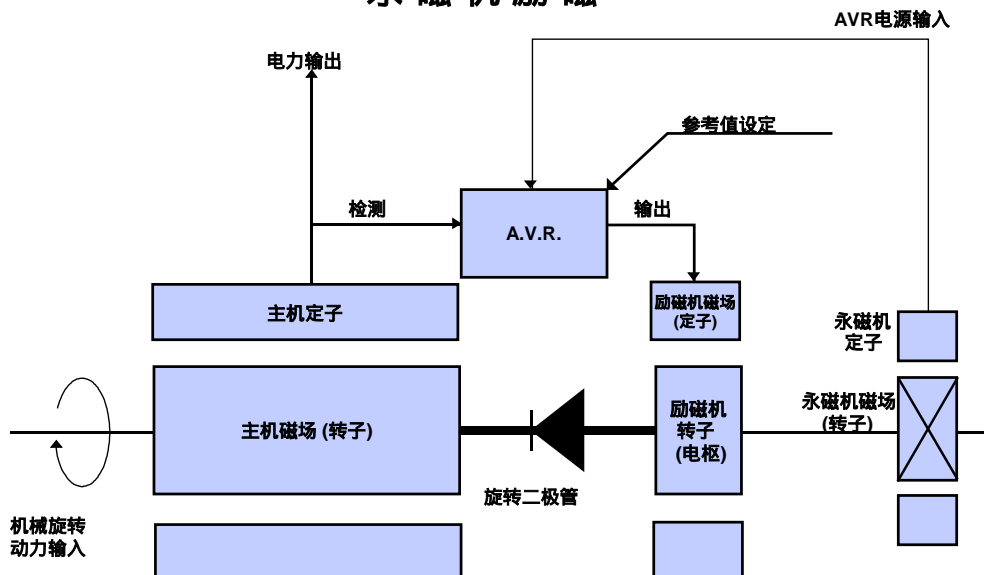
型号	标配发电机	可加装 PMG	备注
KJ44E 及以下； 其他出口机型备用功率 44kVA 及以下	BC 系列，无刷自励	不能加装	KJ44E 以前是用 UC1224C 发电机，06 年可改型 BC184J
KJ44E (不含) -KM750E	UC2、HC4、HC5， 无刷自励	可加装 PMG	
KM825E 及以上	LV6、HC7、P7， PMG	无需另外加装	

尽可能采用无刷永磁式励磁交流发电机是提高发电机组带非线性负载最经济方便的方法。永磁励磁系统由五部分组成：发电机主励磁绕组（转子），永磁发电机（PMG），自动电压调节器（AVR），励磁机和旋转二极管。下图是无刷永磁式励磁交流发电机的工作原理图，在这个系统中有以下几个特点：

(A) 由于 PMG 系统提供一个与定子输出电压波形畸变及大小无关的恒定的励磁电源，因而能提供较高的电动机起动承受能力，并对非线性负载产生的主机定子输出电压的波形畸变具有抗干扰性，可提高发电机带非线性负载能力。

(B) AVR 检测三相输出电压（三相方均根检测），具有精度极高的稳态电压调整率（通常可达 $\pm 0.5\%$ ）。

永磁机励磁



(C) 更强的抗无线电干扰能力。

(D) 更强的承受短路电流能力 (通常可达 3 倍额定电流, 持续 10S)。

(2) 在不增加柴油机功率的条件下配置一台较大容量的发电机, 以提高机组带非线性负载的能力。

通常柴油机和发电机的功率匹配关系是柴油机净输出机械功率略大于发电机功率 (在此不详细论述), 发电机输出功率一般可以按照下表的参考值进行选择:

发电机和非线性负载功率匹配关系

整流技术	功率匹配关系
采用 6 脉冲整流技术	$S_g=3-3.5S_u$
采用 12 脉冲整流技术	$S_g=2.5-3S_u$
采用单相整流技术	$S_g=4-5S_u$
采用高频脉宽调制技术	$S_g=2-3S_u$

注:(A) S_g 表示发电机的标称功率 (kVA), S_u 表示负载的标称功率 (kVA):

(B) 发电机采用永磁他励式 (PMG) 发电机、AVR 三相电压检测并采取隔离变压器将发电机组输出电压经过隔离后再输送到 AVR。

(3) 选型前需了解的设备资料

由于非线性负载选型是一个比较复杂的过程, 只应用上面的方法可能很难准确进行选用, 有时甚至根本无从识别负载的类型, 所以最好的办法是能够向用户说明非线性负载选型的重要性, 并尽可能要求提供以下资料:

(A) 基本负载的容量

(B) 负载投入的顺序

(C) 非线性负载是采用单相整流技术还是三相 6 脉冲或 12 脉冲整流技术

(D) UPS 的后备电池充电电流为多大, 并计算充电容量

(E) 设备所允许的电压畸变量是多少

根据以上资料一般可以比较准确的进行选型。确保用户的投资最优。

6、 我司在实践过程中碰到的一些案例

- (1) 深圳有线电视台 KJ44ECV 车载电站带 15kVA UPS 的案例。我们通过试验的方式确定选用了 4039DF008 柴油机和 UC1224F 柴油机并加装 PMG
- (2) 海航乐东机场 KJ80E 机组带跑道调光灯。实际负载总量大约在 50kW 左右，但用 KJ80E 机组带载时电压、频率都波动非常大，通过选用 6068TF258+UC1274D 并加装 PMG（功率为 125kVA）来解决。
- (3) 某通信用户 UPS 负载容量大约在 10kVA 左右，标准 KJ44E 无法带动，通过加装 PMG 解决。
- (4) 某通信用户 UPS 负载容量大约在 40kVA 左右，标准 KJ110E 无法带动，通过加装 PMG 解决。

7、对电动机负载的说明

- (1) 电动机虽然不是非线性负载，但是由于控制方式上常用了软启动器、变频控制的手段，也属于非线性负载考虑的范畴。
- (2) 电动机由于启动时电流会比正常电流大若干倍，功率因数又非常低，所以会造成发电机端电压下降，可能会造成配电设备保护动作，同时频繁启动可能造成发电机转子烧坏。当电动机容量较大时也要进行发电机的特殊选型。这类情况主要是工厂用户、大楼的消防水泵、消防电梯等。

启动方式	启动电流倍数
直接启动	小于 250kW 7 倍额定电流
	大于 250kW 6 倍额定电流
星三角启动	星形启动时 2.5 倍额定电流
	转换成三角形方式时 3 倍额定电流
自耦变压器启动	降压比 0.8 时 4 倍额定电流
	降压比 0.6 时 2.5 倍额定电流

软启动器启动	1.5-2 倍额定电流
--------	-------------

需要根据启动容量要求对发电机进行选型。