



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

电力系统频率及有功功率的自动调节

电力系统负荷的 功率-频率特性

主讲：崔跃华

- 1、当系统频率变化时，整个系统的有功负荷也要随着改变，这种有功负荷随频率而改变的特性叫做**负荷的功率—频率特性**。

2、电力系统中各种有功负荷与频率的关系：

- 与频率变化无关的负荷，如照明、电弧炉、电阻炉、整流负荷等；
- 与频率成正比的负荷，如切削机床、球磨机、往复式水泵、压缩机、卷扬机等；
- 与频率的二次方成比例的负荷，如变压器中的涡流损耗，但这种损耗在电网有功损耗中所占比重较小；
- 与频率的三次方成比例的负荷，如通风机、静水头阻力不大的循环水泵等；
- 与频率的更高次方成比例的负荷，如静水头阻力很大的给水泵等。

3、负荷的功率—频率特性一般表达式

$$P_L = a_0 P_{LN} + a_1 P_{LN} \left(\frac{f}{f_N} \right) + a_2 P_{LN} \left(\frac{f}{f_N} \right)^2 + a_3 P_{LN} \left(\frac{f}{f_N} \right)^3 + \cdots + a_n P_{LN} \left(\frac{f}{f_N} \right)^n$$

标么化:

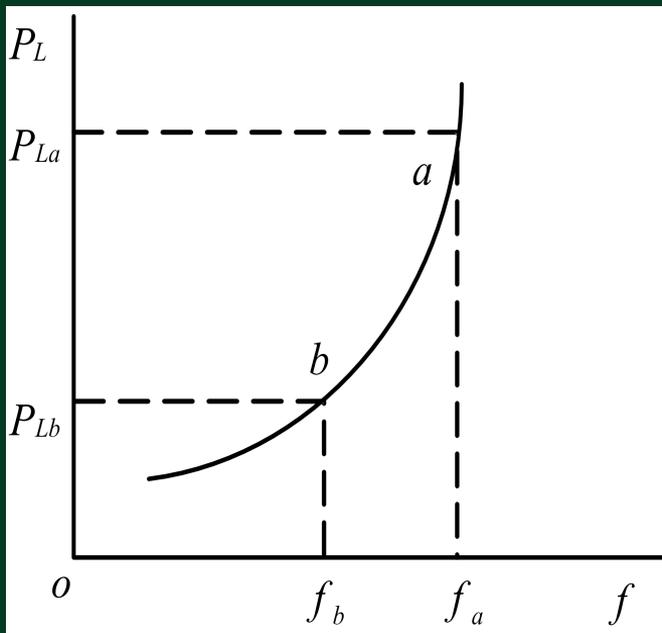
$$P_{L*} = a_0 + a_1 f_* + a_2 f_*^2 + a_3 f_*^3 + \cdots + a_n f_*^n$$

其中: $a_0 + a_1 + a_2 + a_3 + \cdots + a_n = 1$

- 一般情况下，取到三次方即可。
- 负荷的组成和性质确定后，负荷静态频率特性也确定。

4、电力系统负荷的功率 – 频率特性

- 负荷的静态频率特性
- 系统功率失去平衡时，系统负荷也参与了调节作用。系统的负荷随频率下降的负荷特性有利于系统中有功功率在另一频率下重新平衡，这种现象称为**负荷调节效应**。



- 负荷的频率调节效应系数

$$K_{L^*} = \frac{dP_{L^*}}{df_*} = a_1 + 2a_2f_* + 3a_3f_*^2 + \cdots + na_nf_*^{n-1} = \sum_1^n ma_m f_*^{m-1}$$

- 取决于负荷的性质，与各类负荷所占的比例有关。

负荷的有功功率—频率静态特性简化表达

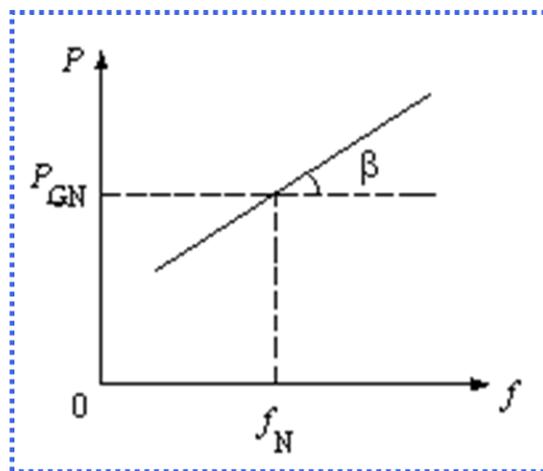
- 在电力系统运行中，允许频率变化的范围是很小的，负荷有功—频率静态特性用一条近似直线来表示。

$$K_L = \operatorname{tg} \beta = \frac{\Delta P_L}{\Delta f}$$

$$K_{L^*} = \frac{\Delta P_L / P_{LN}}{\Delta f / f_N} = \frac{\Delta P_{L^*}}{\Delta f^*}$$

↑ $K_{L^*} = K_L \frac{f_N}{P_{LN}}$

K_{L^*} 是系统调度部门要求掌握的实测数据，取值范围在1~3之间。



- 例5-1 某电力系统中，与频率无关的负荷占30%，与频率一次方成比例的负荷占40%，与频率二次方成比例的负荷占10%，与频率三次方成比例的负荷占20%。求系统频率由50Hz下降到47Hz时，负荷功率变化的百分数及其相应 K_L^* 的值。

- 解：当频率下降到47Hz时系统的负荷为

$$\begin{aligned}P_{L^*} &= a_0 + a_1 f_* + a_2 P_{LN} f_*^2 + \cdots + a_n f_*^n \\ &= 0.3 + 0.4 \times 0.94 + 0.1 \times 0.94^2 + 0.2 \times 0.94^3 \\ &= 0.3 + 0.376 + 0.088 + 0.166 = 0.93\end{aligned}$$

- 则 $\Delta P_L \% = (1 - 0.93) \times 100 = 7$

- 于是 $K_{L^*} = \frac{\Delta P_L \%}{\Delta f \%} = \frac{7}{6} = 1.17$
-

- 例5-2 某电力系统总有功负荷为3200MW (包括电网的有功损耗), 系统的频率为50HZ, 若 $K_{L*}=1.5$, 试求, 求负荷频率调节效应系数 K_L .

- 解： $K_L = K_{L^*} \times \frac{p_{le}}{f_e} = 1.5 \times \frac{3200}{50} = 96(MW / Hz)$

- 若系统 K_{L^*} 值不变，负荷增长到3650MW时，则

$$K_L = K_{L^*} \times \frac{p_{le}}{f_e} = 1.5 \times \frac{3650}{50} = 109.5(MW / Hz)$$

- 即频率降低1Hz，系统负荷减少109.5MW，由此可知， K_L 的数值与系统的负荷大小有关。