**PI调节器的伯德图**

伯德图绘制

PI调节器的表达式如下：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1-1) |

将PI调节器的传递函数分解为以下两个环节

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 典型环节 | 交接频率 |
|  | 积分环节 | 无 |
|  | 一阶微分环节 |  |

积分环节的对数幅频特性表达式为（1-2），由该表达式可以看出积分环节的斜率恒定为-20dB/dec，并且与直线的交点为20log(*Kp*)。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1-2) |

积分环节的相频特性表达式为（1-3），从表达式中可以看出积分环节的相位始终是-90°。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1-3) |

以下为积分环节的伯德图。



一阶微分环节的对数幅频特性表达式为（1-4），由表达式可知一阶微分环节的转折频率在，转折频率处*L(ω)= 3dB*。在转折频率之前的频率段，其斜率为0dB/dec，渐进线为*L(ω)=0dB*，在转折频率之后的频率段，其斜率为*+20dB/dec*，渐近线为，渐近线与横坐标的交点为。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1-2) |

一阶微分环节的伯德图为：



PI调节器的传递函数是上面积分环节和一阶微分环节的串联，因此可以将上面两个环节的伯德图直接叠加得到PI调节器的伯德图，如下。



PI调节器特性

1、PI调节器的伯德图的转折频率在处，在转折频率以前PI调节器引入了较大的增益，并且越低频增益越大，但是同时也会引入大约-90°的相位滞后。在高频段PI调节器的增益只剩下残余增益20log(*Kp*)，并且相位滞后变成0°。

2、单独增大*Kp*系数，PI调节器伯德图的幅值曲线整体向上抬升，幅频曲线在高频段的残余增益变大，相频曲线不变。如下图所示。

将PI调节器的波特图计入开环系统后，系统的截止频率提高。



3、单独增大积分时间

PI伯德图幅频曲线和相频曲线整体趋势为向后移，幅频曲线在高频段的残余增益没有变化，相频曲线在中频段至高频段的相位滞后变大。

将PI调节器的波特图计入开环系统后，系统的截止频率可能不会变化，但是在截止频率处的相位裕度会减小。



PI调节器的残余增益为20log*Kp*的原因

因为在高频段，幅频曲线的值就是渐近线的值。幅频曲线的渐近线是积分环节渐近线和一阶微分环节的渐近线的叠加。积分环节渐近线的表达式为，一阶微分环节的高频段渐近线为。两条渐近线在处相交，在相交点处两条渐进线幅值的和为20\*log*Kp*+0=20\*log*Kp*，因此高频段幅频曲线的值就是20\*log*Kp*。