

Stability of Negative Feedback Amplifier Circuit

# 负反馈放大电路的稳定性

---

## 第8章 反馈放大电路

### 第6节 负反馈放大电路的稳定性

## 内容

产生自  
激振荡  
的原因  
及条件

01

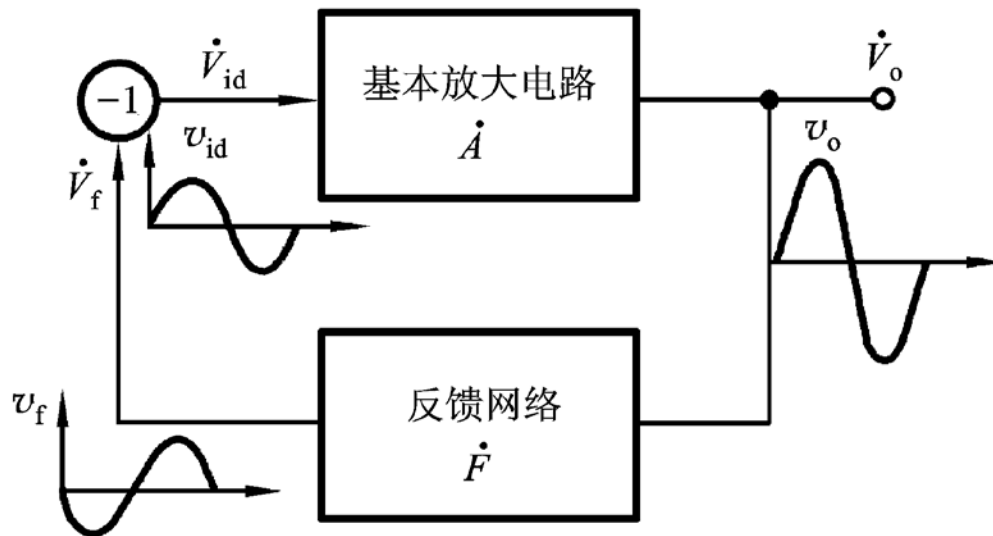
稳定工  
作条件  
及稳定  
性分析

02

# 一、产生自激振荡的原因及条件

## 1. 自激振荡现象

在不加任何输入信号的情况下，放大电路仍会产生一定频率的信号输出。



## 2. 产生原因

$\dot{A}$ 和 $\dot{F}$ 在高频区或低频区产生的**附加相移**达到 $180^\circ$ ，使中频区的负反馈在高频区或低频区变成了正反馈，当满足了一定的幅值条件时，便产生自激振荡。

## 一、产生自激振荡的原因及条件

## 3. 自激振荡条件

闭环增益  $\dot{A}_f = \frac{\dot{A}}{1 + \dot{A}\dot{F}}$

反馈深度  $|1 + \dot{A}\dot{F}| = 0$  时,  
自激振荡

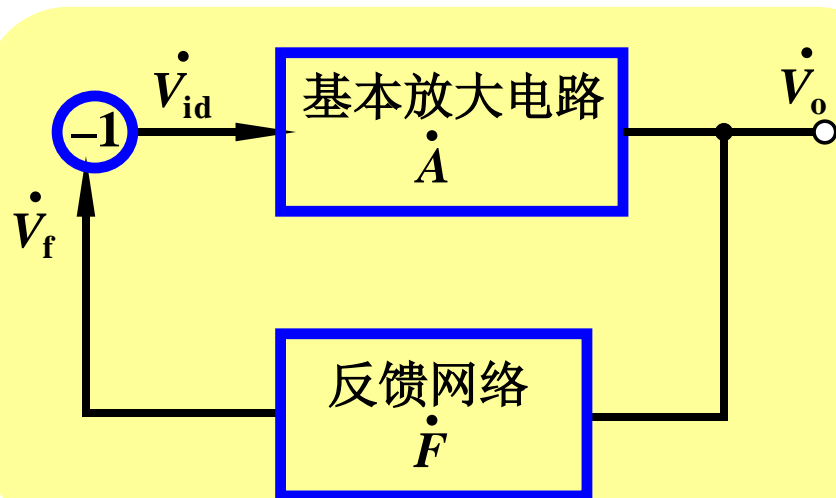
即  $\dot{A}\dot{F} = -1$  ( $\dot{A}\dot{F}$  为环路增益)

又  $\dot{A}\dot{F} = |\dot{A}(\omega) \cdot \dot{F}(\omega)| \angle \varphi_a(\omega) + \varphi_f(\omega)$

得自激振荡条件

$$\begin{cases} |\dot{A}(\omega_k) \cdot \dot{F}(\omega_k)| = 1 & \text{幅值条件} \\ \varphi_a(\omega_k) + \varphi_f(\omega_k) = (2n + 1) \times 180^\circ & \text{相位条件 (附加相移)} \end{cases}$$

注：输入端求和的相位 (-1) 不包含在内



## 内容

产生自  
激振荡  
的原因  
及条件

01

稳定工  
作条件  
及稳定  
性分析

02

## 1. 稳定工作条件

### 破坏自激振荡条件

$$\begin{cases} |\dot{A}\dot{F}| < 1 \\ \varphi_a + \varphi_f = (2n+1)180^\circ \end{cases} \quad \text{或} \quad \begin{cases} |\dot{A}\dot{F}| = 1 \\ |\varphi_a + \varphi_f| < 180^\circ \end{cases}$$

写成等式，且幅值用分贝数表示时

$$\begin{cases} G_m = 20\lg|\dot{A}\dot{F}| \leq -10\text{ dB} \\ \varphi_a + \varphi_f = (2n+1)180^\circ \end{cases} \quad \begin{cases} 20\lg|\dot{A}\dot{F}| = 0 \\ |\varphi_a + \varphi_f| + \varphi_m = 180^\circ \end{cases}$$

其中  $G_m$ ——**幅值裕度**，一般要求  $G_m \leq -10\text{ dB}$  （保证可靠稳定，  
 $\varphi_m$ ——**相位裕度**，一般要求  $\varphi_m \geq 45^\circ$  留有余地）

当反馈网络为纯电阻网络时，  $\varphi_f = 0^\circ$ 。

## 2. 负反馈放大电路稳定性分析

### 利用波特图分析

环路增益的幅频响应写为  $20\lg|\dot{A}\dot{F}| = 20\lg|\dot{A}| - 20\lg\left|\frac{1}{\dot{F}}\right|$

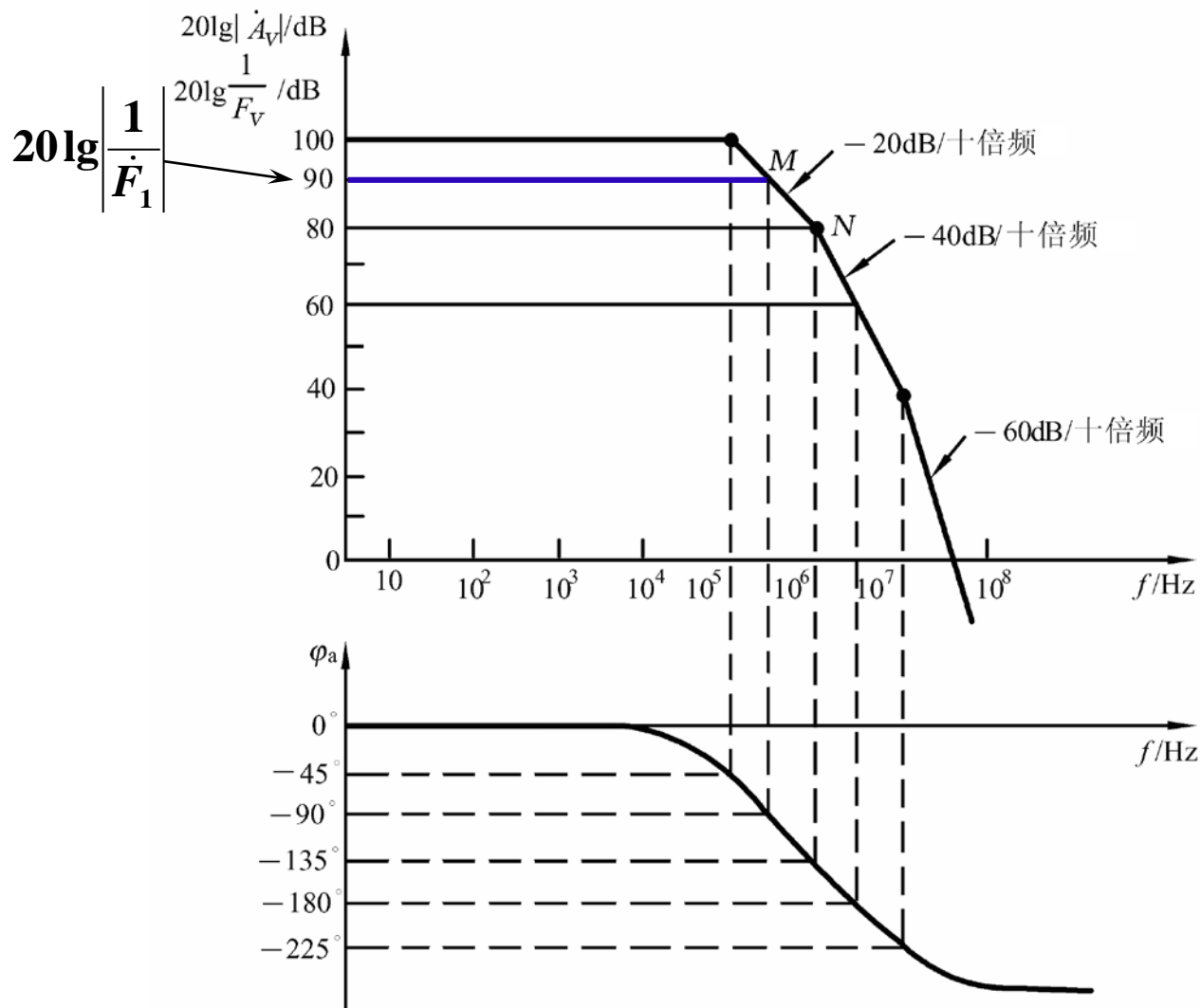
一般  $\dot{F}$  与频率无关, 则  $20\lg\left|\frac{1}{\dot{F}}\right|$  的幅频响应是一条水平线

水平线  $20\lg\left|\frac{1}{\dot{F}}\right|$  与  $20\lg|\dot{A}|$  的交点为  $20\lg\left|\frac{1}{\dot{F}}\right| = 20\lg|\dot{A}|$

即该点满足  $|\dot{A}\dot{F}| = 1$

关键作出  $\dot{A}$  的幅频响应和相频响应波特图

## 二、稳定工作的条件及稳定性分析



P381



## 2. 负反馈放大电路稳定性分析

### 判断稳定性方法

(1) 作出 $\dot{A}$ 的幅频响应和相频响应波特图

(2) 作  $20\lg\left|\frac{1}{\dot{F}}\right|$  水平线

(3) 判断两线交点对应的相位是否满足相位裕度 ( $\varphi_m \geq 45^\circ$ )

在相频响应的  $\varphi_a = -135^\circ$  点处作垂线交  $20\lg|\dot{A}|$  于**P点**

若**P点**在  $20\lg\left|\frac{1}{\dot{F}}\right|$  水平线**之下** (  $|\dot{A}_p\dot{F}| < 1$  ) , **稳定**; 否则不稳定。

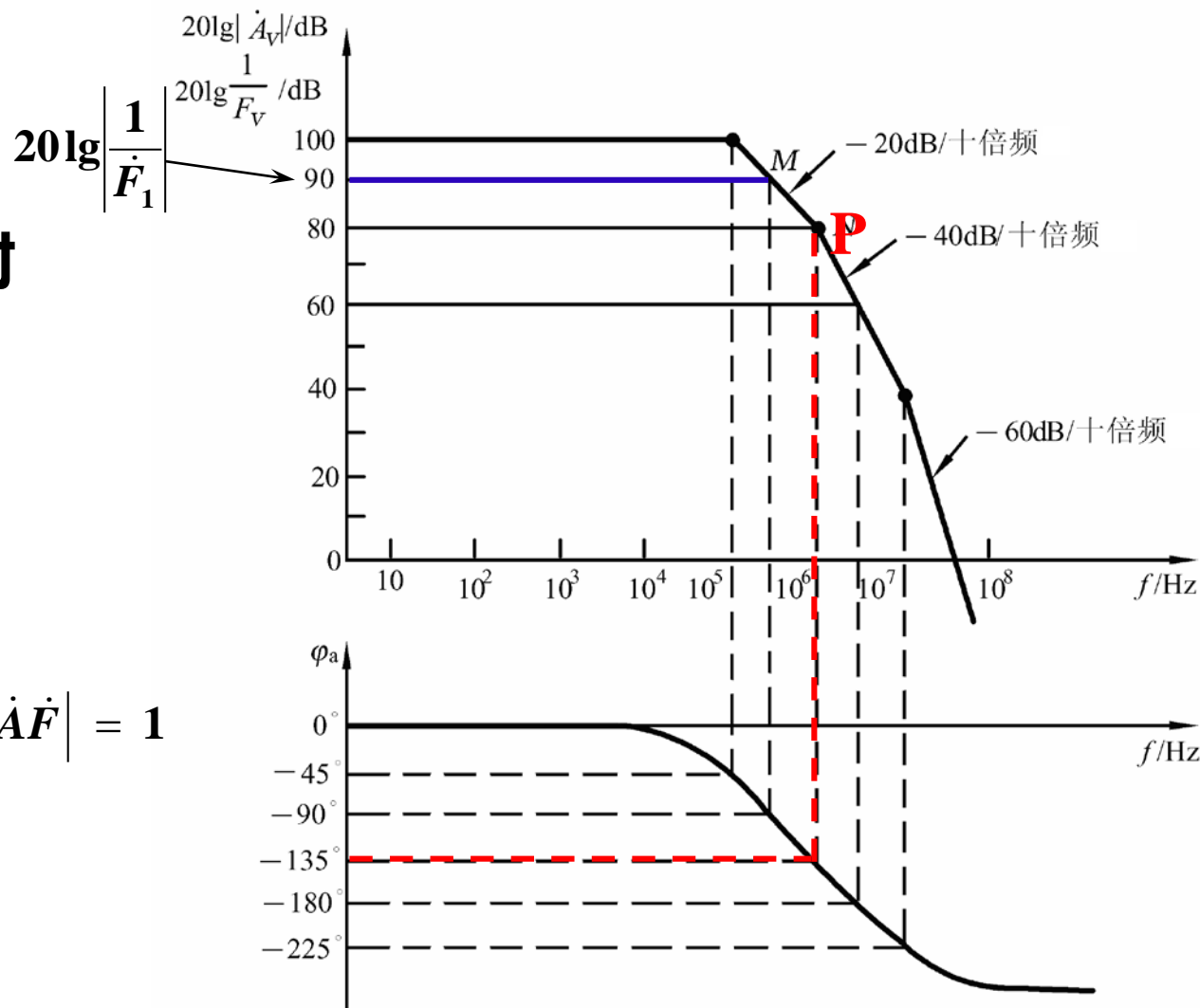
## 2. 负反馈放大电路稳定性分析

反馈系数为 $F_1$ 时

负反馈放大  
电路稳定

M点:

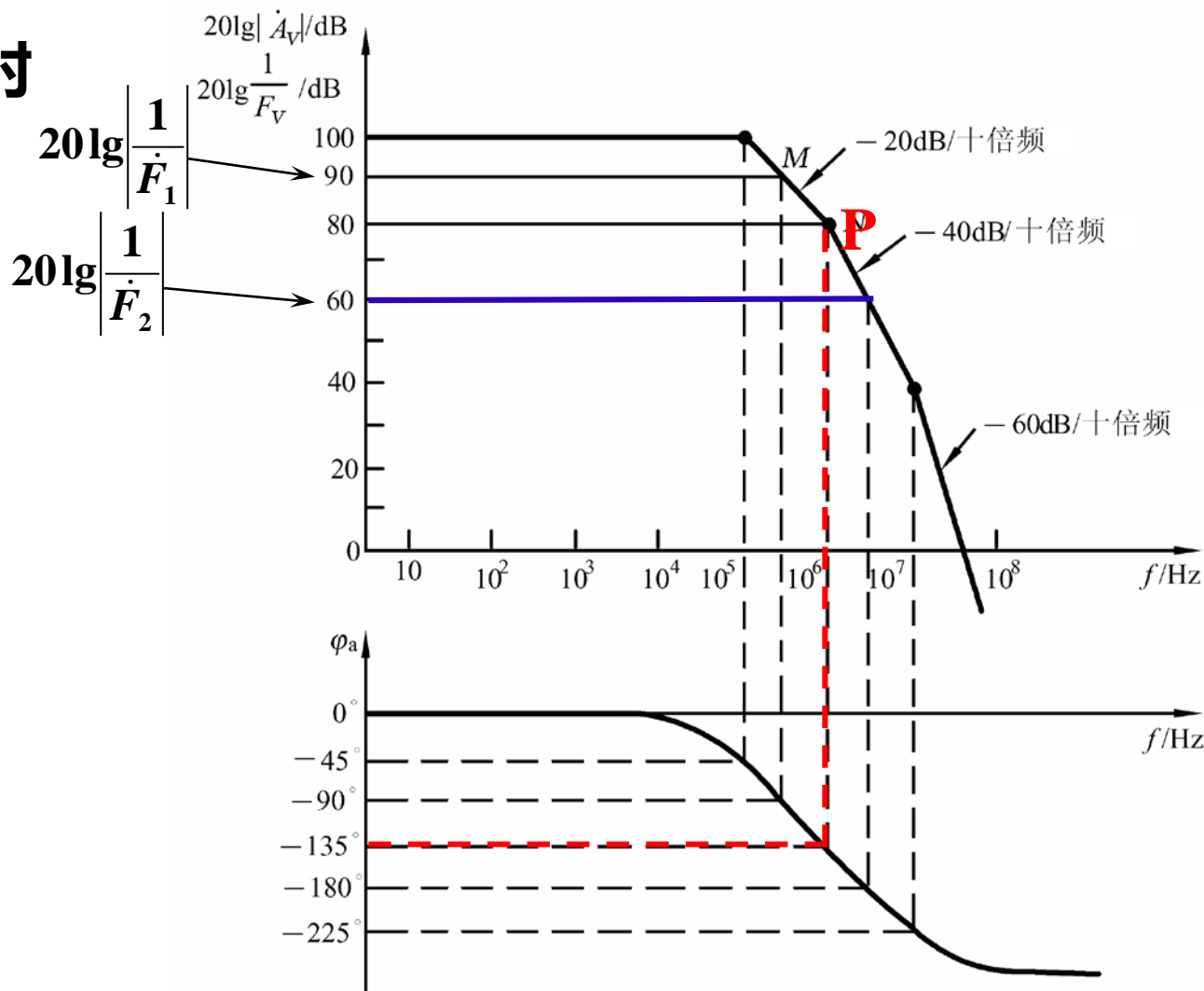
$$20\lg|\dot{A}| = 20\lg\left|\frac{1}{\dot{F}}\right| \rightarrow |\dot{A}\dot{F}| = 1$$



## 2. 负反馈放大电路稳定性分析

反馈系数为 $F_2$ 时

$(F_2 > F_1)$



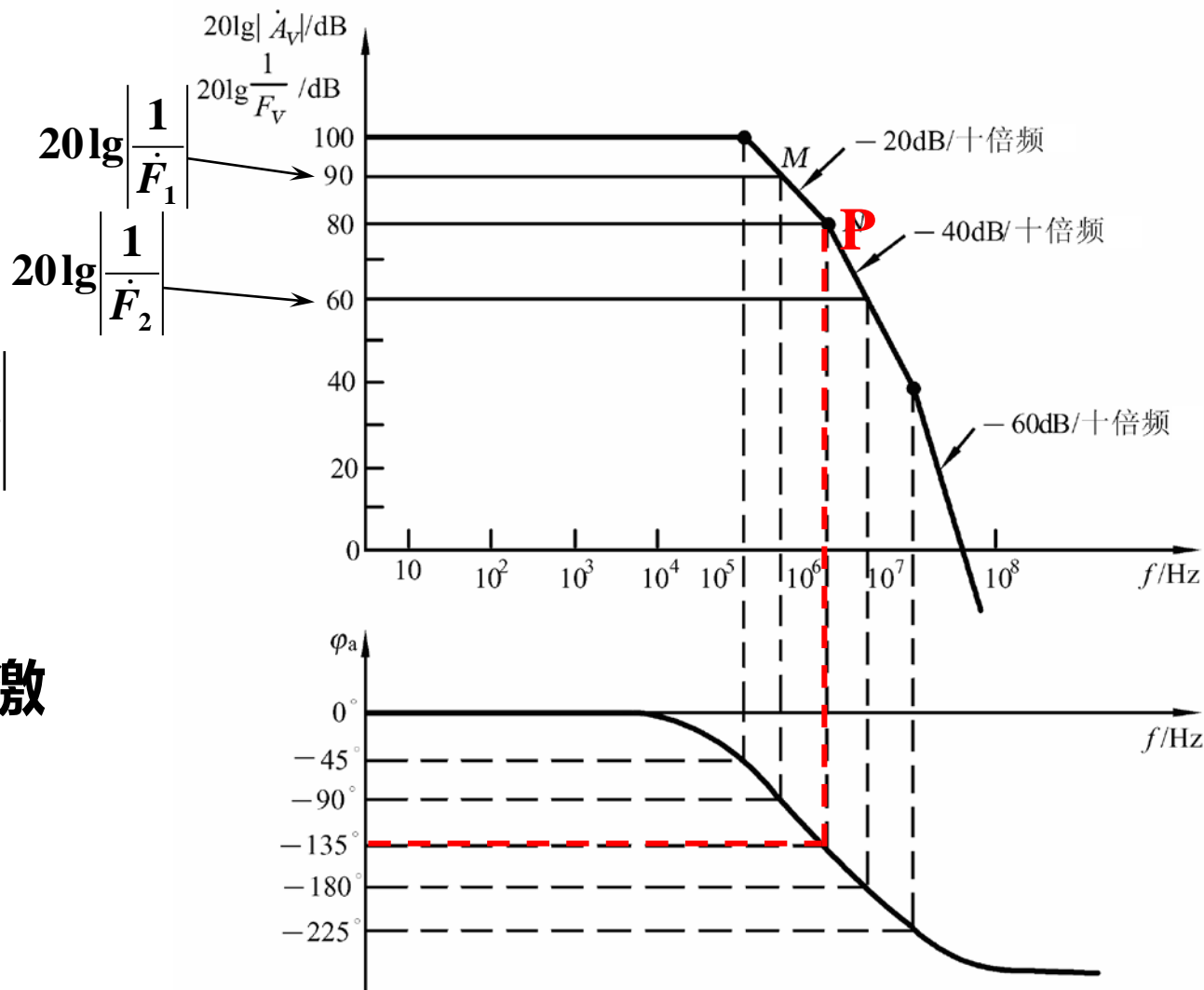
不稳定

## 2. 负反馈放大电路稳定性分析

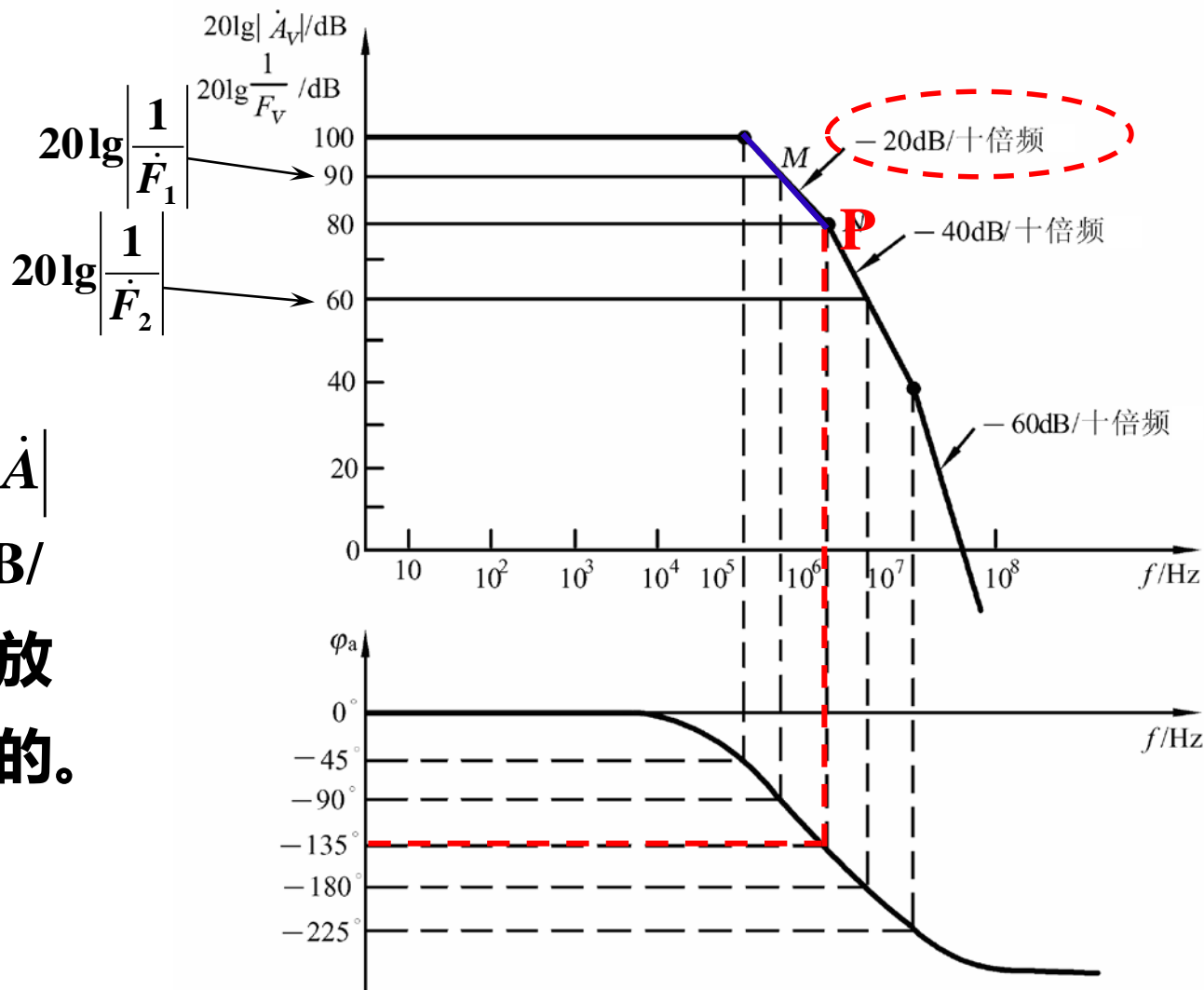
$|\dot{F}|$  越大，反  
馈深度越深，

水平线  $20\lg\left|\frac{1}{\dot{F}}\right|$   
越下移，

越容易产生自激



## 2. 负反馈放大电路稳定性分析



推论:

P点交在  $20\lg|\dot{A}|$   
的斜率为 $-20\text{dB}/$   
十倍频程处, 放  
大电路是稳定的。

## 总结

### 1、负反馈放大电路产生自激振荡的条件：

$$\begin{cases} \left| \dot{A}(\omega_k) \cdot \dot{F}(\omega_k) \right| = 1 & \text{幅值条件} \\ \varphi_a(\omega_k) + \varphi_f(\omega_k) = (2n + 1) \times 180^\circ & \text{相位条件} \end{cases}$$

### 2、负反馈放大电路的稳定条件：

$$\begin{cases} G_m = 20 \lg |\dot{A}\dot{F}| \leq -10 \text{ dB} \\ \varphi_a + \varphi_f = (2n + 1)180^\circ \end{cases} \quad \text{或} \quad \begin{cases} 20 \lg |\dot{A}\dot{F}| = 0 \\ |\varphi_a + \varphi_f| + \varphi_m = 180^\circ \end{cases}$$

### 3、负反馈放大电路的稳定性分析：

利用波特图分析

- 1.会判：**能判别电子电路中有没有反馈，是什么类型的反馈？  
直流反馈和交流反馈、正反馈和负反馈以及交流负反馈的四种类型；
- 2.会引：**掌握负反馈对放大电路工作性能的影响；
- 3.会算：**了解深度负反馈条件下电压放大倍数的近似估算。
- 4.两面性：**反馈过深，会产生自激振荡。