滑模控制是非线性控制的一种，属于变结构控制(Variable Structure Control,VSC)的范畴。其主要特点是控制的不连续性和控制结构的可变性，通过动态调整被控对象的状态，使系统状态轨迹按照滑模态运动，因此被称为滑模控制。

对于Yaw角度控制系统：(u为电机输出电流，θ为转角，w为角速度，J为惯量)

$$\begin{cases}\dot{\theta}=w\\ \dot{w}=J*u\end{cases}$$

令$e=\theta-\theta_d$，$\dot{e}=w-\dot{\theta}_d$，上式化为：

$$\ddot{e}=J*u-\ddot{\theta}_d$$

在系统状态空间中，以e为横轴，$\dot{e}$为纵轴，存在一个切换面

$$s=ce+\dot{e}=0,c>0$$

此切换面将状态空间分为上下两部分，即$s>0,s<0$。

解微分方程$ce+\dot{e}=0$，得：$ce+\dot{e}=0\Rightarrow\begin{cases}e=e(0)*e^{-ct}\\ \dot{e}=-ce(0)*e^{-ct}\end{cases}$

我们可以得知，系统的状态变量在切换面上都会趋近于 0，且是以指数速度趋近，且c值越大收敛速度越快。s即被称为滑模面，这种在滑模面上以指数速度趋近于 0 的运动被称为滑模运动。这保证了在$s=0$平面上系统的收敛性，但是无法确定系统的状态变量能否到达$s=0$这个平面。

以$s=0$为目标，系统状态更改为$\dot{s}=c\dot{e}+J*u-\ddot{\theta}_d$

对于平衡点 s，根据李雅普诺夫稳定性判据，如果存在一个连续函数$V(s)$满足：

$$\lim_{|s|\to\infty}V(s)=\infty \quad -(1)$$

$$\dot{V}(\mathrm{s})<0,s\neq0 \quad -(2)$$

此时系统将在$s=0$处稳定，即$\lim_{t\to\infty}s=0$。

设计$V(s)=\frac{1}{2}s^2$，$\dot{V}(s)=s\dot{s}$即，显然，式(1)的条件是满足的。接下来，为了使系统满足式(2)的条件，需要对$\dot{s}$进行设计，即设计滑模控制的趋近率。

趋近率的设计在式(2)的条件下有多种设计方法。一般为了加快系统的到达速度，我们选择指数趋近率，如下所示。

$$\dot{s}=-\varepsilon\,\mathrm{sgn}(s)-ks,\varepsilon>0,k>0$$

$\mathrm{sgn}(s)$为符号函数。经验算，当$s>0$时$\dot{s}<0$，当$s<0$时$\dot{s}>0$，满足式(2)的条件，系统稳定。

综上，滑模控制器将系统在状态空间的运动分为了两个状态，第一个状态是系统从 $s \neq 0$ 运动到 $s = 0$ 上，称为到达态。第二个状态是系统在 $s = 0$ 上运动至状态空间的原点，即状态变量收敛至 0，称为收敛态。

根据滑模面公式求导联立趋近率得：

$$\dot{s} = c\dot{e} + \ddot{e} = -\varepsilon \operatorname{sgn}\left(s\right) - ks$$

移项，代入系统状态方程，得到控制器输出为：

$$u = \frac{1}{J}(\ddot{\theta}_d - \varepsilon \operatorname{sgn}\left(s\right) - ks - c(w - \dot{\theta}_d))$$

可以看到，最后计算出的控制器输出自带前馈项 $\ddot{\theta}_d$，保证控制器的快速响应。