电力和能源系统

考虑到AVR(自动稳压器)和PSS(电力系统稳定器)的输出限制器的稳定性分析

理论知识：

在电力系统中的微弱信号的稳定性分析中，使用线性模型来近似它的非线性模型来分析它受到小干扰时候的反应。在这种方法下，有一个隐含的条件，扰动足够小使得近似线性对于所描述的非线性模型的误差在可接受的范围内。所得到模型限制了线性模型对邻里平衡条件的有效性。通常，这邻里的大小和形状是由没有激活的保护限制器的状态空间来决定的。然而,也许存在一种情况,一个相对较小的扰动驱动系统到达这样一个区域,但对系统的稳定运行仍然没有威胁。本文提议了一种寻找这种系统的引力区域的方法，该方法使用了一种添加了AVR和PSS输出限制器的线性模型。以这样的方式，该区域包含了限制器被激活的状态空间的一部分，因此能保证增加平衡点附近的稳定性。获得的结果表明这个引力空间比在线性近似有效区域附近大得多，同时表明加入了AVR和PSS的输出限制器的线性模型，能提供与非线性模型非常相似的轨迹，即是实在一些限制器被激活的区域的某些部分。

1. 介绍

电力系统中的小信号稳定性的问题在上世纪中叶就已经报道了。通常，他们发生在有不良阻尼的机电震荡的形式下，另外组要控制回路去控制这些振动，以防对系统运行造成危害[1]。

最常见的提高这些振荡阻尼的控制器类型被称为电力系统稳定器（PSS），他基本上是个经典的相位补偿器[2]。尽管电力系统有着高非线性的特性，PSS是根据频域中经典的控制技术设计的，影响围绕公称工作点的线性，控制器设计于在各种各样的运转的状态下的线性公称模型和在闭环非线性模型控制器性能的实验结果[3]。

虽然这种做法仍然是典型的行内惯例，但依然有两大重要的问题，这向新的控制器设计程序提出了几个不同的建议（例如[4,5],[6]）。第一个用于公称控制模型的设计，因为电力系统的运行点会大幅度变化，这只代表系统日常操作的一小部分的特性。

第二种（本文的重要目标）是电力系统动态高度非线性这个事实，因此设计的线性控制器的有效性必须限制在用于线性化的平衡点的小范围的邻域内。尽管这是一个众所周知的事实，但是邻域实际上的形状和大小没有在设计阶段就解决。通常，对设计的控制器法则的合法性的验证，包括项目的稳定性和性能的验证，都放在设计后进行（通过闭环非线性模型的数字仿真）。如果仿真的结果，与在各自平衡点附近所预测的公称线性模型相匹配，以及能被其他选择的工作点接受，然后这个设计就被视为是成功的。

在直接采用非线性电力系统模型的暂态稳定性分析中，对引力区域采用特殊的操作是一种典型的做法。然而，当涉及到电力系统小信号稳定性分析的时候，这个问题才成为最近深入研究的焦点。当然，稳定线性模型在整个状态空间都是有引力的，但问题是：**在电力系统中，状态离平衡点多远，这个动态过程依然能被线性模型表示？**紧跟着另一个问题是：**在没有不稳定的风险下，状态是否能远离平衡点更远？**

这个问题最近已经引发了关于线性模型能准确代表电力系统非线性模型的特性的精确性的调查。举个例子，[8]和[9]提出了一种方法，用来评估自动电压调节器（AVR）和PSS输出对电力系统小信号稳定的影响。然而，这两篇文献忽略了一个事实，因为这些输出达到了他们的上限限制，此时系统状态一定会远离平衡点，因此这个时候小信号这个概念就不是很恰当了。其他非线性（比如被网络方程引入）可能超过系统动态，因此说明电力系统响应的线性模型的精确性会受到影响。

从上一段的考虑可以看出，之前提出的这两个问题是相互干涉的。然而，尽管本文不打算提供完全的答案，只是想指出基于他们的一些启发，主要是关于AVR和PSS输出限制器在这个问题上发挥的作用。以此为目的，第二节介绍了一个非线性电力系统模型，在电力系统稳定性研究上是个经典的模型，以及讨论了上文提出的第一个问题。之后，第三节介绍了一个考虑到AVR和PSS都存在的情况下，能用来估计线性电力系统模型的程序。在一个研究中应用这个程序的结果在第四节介绍，并作为上一节提出的第二个问题的讨论基础。本文的主要结论会在第五节总结。