

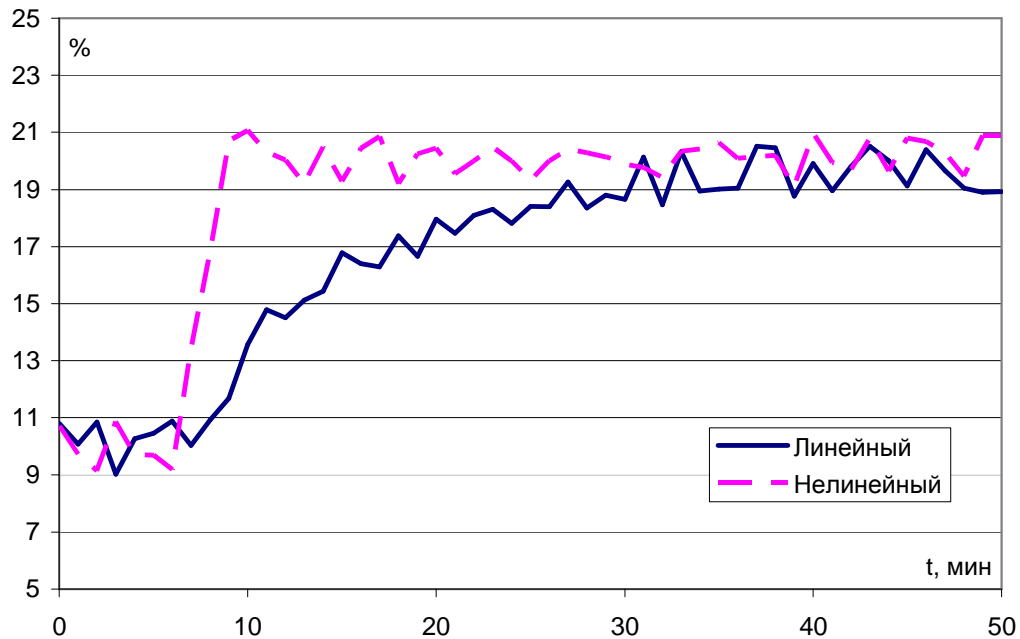
## Особенности использования нелинейных систем

Новиков А.И., Кнодель Г.А.

Санкт-Петербург, Россия

Практически все системы автоматического регулирования, существующие в настоящее время, являются линейными. А остальные, так или иначе, линеаризуются, сводятся к тем же линейным системам. Это объясняется простотой использования линейных законов и распространенностью и доступностью типовых ПИ (пропорционально-интегральных) и ПИД (пропорционально-интегрально-дифференциальных) регуляторов, которыми просто наводнен современный рынок. Трудно даже представить серьезного производителя промышленного оборудования, не имеющего в своем ассортименте ПИ(Д)-регуляторов. И здесь стоит задуматься, в полной ли мере существующие системы используют уже имеющийся потенциал уже установленного оборудования. Ведь обидно терять время, ресурсы и соответственно деньги только из-за закона регулирования – прошивки, которая может быть легко загружена без особых усилий всего за несколько секунд.

Рассмотрим приведенный ниже график сравнения линейного и нелинейного законов регулирования:



Сравнение законов регулирования

Из графика видно, что в обоих случаях управляемые параметры начинают расти примерно в одно и то же время (транспортное запаздывание равно 6 мин), и оба выходят на установившееся значение (20%) с зоной колебаний примерно  $\pm 1\%$  (то есть попадают в интервал от 19% до 21%). Но при использовании нелинейного закона (нелинейной системы) управления время переходного процесса составляет менее 10 мин, в то время как переходный процесс для системы с линейным законом управления занимает более получаса. Нетрудно догадаться, что вся выпущенная в течение этого времени продукция идет в брак.

Нелинейная система будет лучше и при установке технологическим регламентом любых других допустимых значений отклонения регулируемой величины. При расширении границ относительная выгодность нелинейной системы будет падать. Например, при допустимых колебаниях  $\pm 2\%$  (интервал от 18% до 22%) переходные процессы займут 8 мин и 20 мин соответственно. В этом случае система с нелинейным законом управления работает быстрее всего в два раза, а не в три как в предыдущем примере.

На графике представлена система регулирования содержания дорогостоящего отбеливателя в момент перехода на более качественный (более «белый») сорт, хотя для математики не принципиально, какой именно параметр рассматривается, и полученные результаты могут быть применены к любому другому параметру и технологическому процессу.

В настоящее время все чаще и чаще можно встретить такие названия как «нейронные сети», «нечеткая логика», «нанотехнологии» и прочие «инновации». Но ни одна из них не получила пока распространения хотя бы сравнимого с линейными системами управления. В лучшем случае они станут популярны спустя несколько десятилетий, в том числе и потому что уже установленные системы не будут заменены до тех пор, пока полностью не отработают свой ресурс (в особенности это актуально в России). А это значит, что наиболее перспективными являются нелинейные системы, работающие совместно с линейными, то есть устанавливаемые прямо на существующую линейную систему. Это так называемые «корректировщики» задания. Работа именно такой системы представлена на графике пунктиром. При этом вся система, состоящая из линейной и нелинейной части, сама является нелинейной, так как внесение хотя бы одного нелинейного блока в линейную систему делает всю систему нелинейной. Что при правильном расчете позволяет значительно **улучшить** систему **без замены оборудования**, а лишь за счет изменения программы регулирования в уже установленном контроллере.