

представляется, что искусственные нейронные модели будут более эффективны при следующих условиях:

- моделируемый объект очень сложен;
- моделируемый объект существенно нелинеен;

Для моделирования участков объекта, имеющих несложное математическое описание, предпочтительно использование вспомогательных частных моделей (использующих, к примеру, алгоритмы типа МГУА).

**М. М. Шевелев**

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА И НАСТРОЙКА ФИЗИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ С ПОМОЩЬЮ ПЭВМ**

Современные исследования автоматизированных электроприводов станков – качалок для добычи нефти напрямую связаны с использованием математических моделей. Это объясняется сложностью и нестабильностью процессов, происходящих в скважине. Математическая модель, если она достаточно адекватно описывает поставленную задачу, позволяет исследователю проанализировать влияние различных факторов на те или иные параметры, получить достоверные данные, на основании которых можно сделать выводы и в конечном итоге дать конкретные рекомендации.

Это существенно ускоряет и удешевляет процесс исследования, а в ряде случаев позволяет изучить процессы, ранее недоступные. Для исследования переходных процессов в глубиннонасосной установке создана математическая модель, включающая в себя ряд уравнений с граничными условиями, описывающих эти процессы с определенными допущениями. Корректность математической модели определяется обоснованностью принятых при ее разработке допущений и правильностью ее адаптации к реальным условиям и конкретной установке.

Специалисты нефтяной промышленности еще в 1960-х гг. делали попытки использовать электронные вычислительные машины непрерывного действия и соответствующую технику моделирования для настройки физических автоматических регуляторов. И в научных трудах тех лет описывались результаты анализа возможности сочетания математических моделей дизель-генераторов как объектов управления с устройствами автоматизации электростанций. Опыт показал, что при уровне технических

средств управления и вычислительной техники того времени сопряжение натуральных регуляторов с ЭВМ было нереально. Во-первых, в те годы в качестве усилителей сигналов обратной связи в системах автоматического регулирования могли использоваться только магнитные и электромашинные усилители. Поэтому сами регуляторы представляли собой громоздкие сооружения. Во-вторых, согласующие устройства для сопряжения мощных регуляторов с объектами управления имели недопустимо большие постоянные времени, что, в свою очередь, недопустимо изменяло динамику систем. В-третьих, недостаточно разработаны были математические модели распространенных объектов управления, особенно первичных двигателей генераторов с автоматическими регуляторами частоты вращения.

В настоящее время при наличии таких факторов, как применение практически безынерционных силовых полупроводниковых преобразователей большой мощности в системах автоматического регулирования, широкое распространение персональных цифровых вычислительных машин, разработка технических средств и методов программирования, ситуация принципиально изменилась. Для сопряжения физических устройств управления с вычислительными машинами можно использовать принципиально безынерционные аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Применение языков высокого уровня для программирования в адресах резко облегчило технику совмещения устройств с математическими моделями объектов управления.

На сегодняшний день существует множество примеров практического использования способа совмещения физических регуляторов с математическими моделями объектов управления. Например, разработка системы автоматического ограничения пускового тока асинхронного двигателя выполняется целиком с использованием ПЭВМ. Вначале определяется способ математического описания асинхронного двигателя, позволяющий моделировать процессы изменения его физических переменных в режиме реального времени. Затем разрабатывается алгоритм управления частотой и напряжением силового преобразователя, решающий главную задачу – автоматической установки и стабилизации заданного оператором тока статора двигателя. В соответствии с алгоритмом управления разрабатывается электрическая схема стабилизатора тока на физически реальных электронных элементах. Следует отметить, что техническая реализация электронного устройства оказывается чрезвычайно простой. Требуется просто за-

менить апериодические, усилительные и интегрирующие звенья математической модели физическими усилителями, охваченными резистивно-емкостными обратными связями с теми же параметрами, что и в модели.

Модель асинхронного двигателя представлена уравнениями в осях  $d-q$ :

$$Uq = r_e i_q + x_e i_d, \quad Ud = r_e i_d - x_e i_q,$$

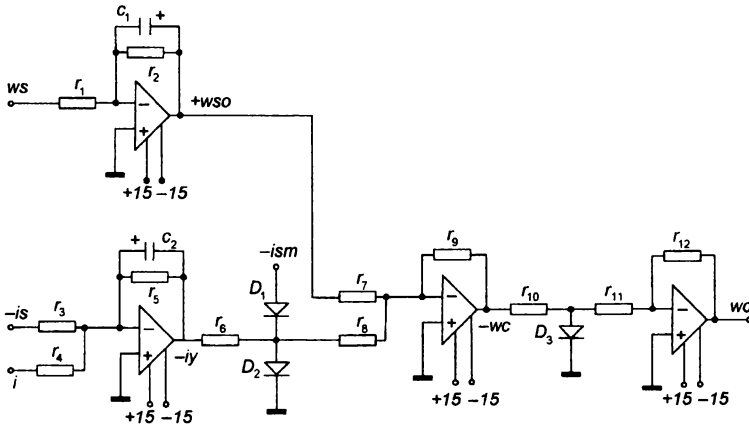
где

$$r_e = r + sm_{\mu} x_{wb} Tr / (1 + (swb Tr)^2),$$

$$x_e = (1 - m_{\mu}) x + m_{\mu} x / (1 + (swb Tr)^2).$$

В формулах  $r_e$  и  $x_e$  – эквивалентные сопротивления двигателя,  $m_{\mu}$  – коэффициент магнитной связи статора и ротора,  $wb$  – базисная частота,  $x$  – индуктивное сопротивление статора,  $Tr$  – постоянная времени ротора.

Электрическая схема стабилизатора тока представлена ниже (рисунок).



Электрическая схема стабилизатора тока:

$wc$  – частота напряжения статора двигателя;  $is$  – заданный ток статора;  $i$  – текущее значение тока статора (из математической модели);  $ws$  – текущее значение частоты вращения двигателя (из математической модели)

Структура совмещенной системы, включающей модель, регулятор и сопрягающие устройства, а также принципиальная схема электронных устройств сопряжения определяются обоснованностью принятых при ее разработке допущений и правильностью адаптации к реальным условиям.