

В расчете на срок службы светодиодов 100 тыс. ч или 7 лет экономия эксплуатационных расходов по уходу за светильниками будет 2,53 млн рублей. С учетом экономии электроэнергии суммарная экономия эксплуатационных издержек составит $44,9 + 2,53 = 47,02$ млн руб.

Заключение

По выполненной работе могут быть сделаны следующие выводы:

1. Мировая практика организации освещения городов показывает, что будущее источников световой энергии за светодиодами как наиболее экономичными, экологически безопасными, дающими высокое качество светового потока, близкое к солнечному свету.
2. Использование программы Dialux позволяет выбрать все параметры уличной осветительной установки с заданной точностью и контролировать распределение освещенности на заданных площадях проезжей части и пешеходной зоны.
3. Светотехнический расчет показал, что установленная мощность светодиодных светильников мощностью $P_{y1} = 160$ Вт и $P_{y2} = 40$ Вт способна обеспечить заданные уровни освещенности улицы (20 лк) и пешеходной зоны (18 лк).
4. Стоимости светильников ЖКУ и СКУ по первоначальным затратам несопоставимы в силу их большой ценовой разности.
5. Экономия эксплуатационных расходов от внедрения светодиодного освещения улицы Дубровинского, рассчитанных на срок годности этих ламп, составит 47,02 млн руб., что компенсирует первоначальные капиталовложения.

Литература

1. Юнович А.Э. Современное состояние светодиодов и тенденции развития светодиодов и светодиодного освещения // Светотехника. – 2007. – № 6. – С. 13–16.
2. URL: <http://ww.svet-div.ru>.



УДК 004.91: 681.5.017 : 62-83

Р.В. Есин, Д.Д. Мищенко

ПРОБЛЕМАТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ ДЛЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ

Предлагается концепция системы моделирования с переменной структурой для разрешения противоречия «скорость вычислений – время». Данная проблема возникает при использовании точных моделей электродвигателей, необходимых для оптимального моделирования аварийных режимов.

Ключевые слова: *система моделирования, аварийный режим, переменная структура, электродвигатель.*

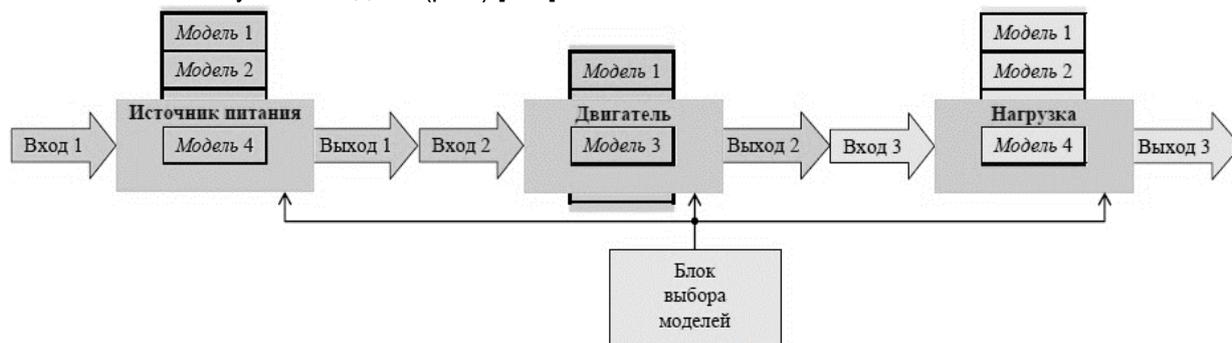
R.V. Esin, D.D. Mischenko

THE PROBLEMATICS OF THE USE OF MODELING SYSTEMS WITH VARIABLE STRUCTURE FOR EMERGENCY OPERATION

The concept of modeling system with variable structure in order to solve the problem of “calculation speed – calculation time” discrepancy is offered. This problem occurs in case of using the electric motor accurate models necessary for the optimal simulation of emergency operations.

Key words: *modeling system, emergency operation, variable structure, electric motor.*

Введение. Моделирование является основным методом проектирования многокомпонентных технических объектов. В настоящее время хорошо разработана обобщенная теория моделирования различных электромеханических устройств (ЭМУ). Эта теория включает в себя получение схем замещения, вывод уравнений равновесия для механической и электрической части, координатные преобразования, линеаризацию и т.д. В общем случае модели электромеханических систем (ЭМС) содержат одни и те же модели отдельных элементов – двигателей, датчиков, источников питания, регуляторов и т.д. Но точность детализации этих моделей может различаться за счет выбранных допущений на момент проектирования. Таким образом, для каждого элемента можно разработать целый набор моделей. Эти модели могут быть представлены в различных видах: системы дифференциальных, алгебраических уравнений, дифференциально-алгебраических, схемы логического выбора, табличные данные при различных допущениях [1, 2]. В соответствии с этим необходимо использовать разнообразные методы расчета для каждого случая. Современные системы моделирования являются частично адаптивными и позволяют использовать разные методы расчетов, менять их в процессе счета, подбирать шаг интегрирования, но в данном случае предполагается также менять используемые модели (рис.) [3, 4].



Процесс смены моделей в динамике

Каждый элемент ЭМС имеет несколько моделей разной степени детализации. В процессе моделирования возможна замена моделей с тем, чтобы при пониженных требованиях к точности использовались более простые модели, а в случае повышенных требований к точности переключаться на более точную модель. При смене моделей может возникнуть необходимость реструктурировать модель всей системы; так, динамические модели могут заменяться статическими и наоборот. Также могут измениться и модели, записанные в алгоритмической форме, все это требует согласования нового и прежнего состава переменных.

В работе ЭМС можно выделить следующие типовые режимы работы:

1. *Режим включения (пуска).* В этом режиме начальные электрические условия нулевые, а целью моделирования является определение общей работоспособности системы и ее начальных параметров. Требования по точности в данном случае небольшие.

2. *Установившийся режим работы.* Целью моделирования обычно служат процессы в инверторе, потери мощности, колебания угла поворота, скорости и момента. В зависимости от цели могут потребоваться более точные или более упрощенные модели.

3. *Аварийный режим работы.* В этом режиме исследуются переходные процессы, как правило, обобщенно. Но если требуется оценить работу системы управления, то необходимо учитывать различные детали и значительно детализировать используемую модель [5].

Для защиты электродвигателей необходимо понимать причины их отказов. Аварийные режимы и отказы чаще всего возникают по следующим причинам:

1. Плохое охлаждение.
2. Недостаточное сопротивление изоляции.
3. Перегрузки.
4. Замедление ротора.

5. Обрыв фазы [1].

Условия работы электродвигателей на производстве и в сельском хозяйстве сильно отличаются. В приведённых данных одной из основных причин возникновения аварийного режима электродвигателей в агропромышленном комплексе является обрыв фазы. Это может быть следствием однофазного короткого замыкания, тогда в этом случае электродвижущая сила, которая генерируется в поврежденной фазе электродвигателя, работающем на двух фазах, по исправной цепи со стороны двигателя создает через место КЗ потенциал в нулевом проводе, который может быть причиной поражения людей и животных электрическим током. Поэтому для точного моделирования аварийного режима необходимо использовать наиболее детализированные модели. Но тогда возникает противоречие между точностью и временем вычисления. При использовании детализированных моделей время расчета лавинообразно возрастает. Если же использовать простые модели, то точность расчетов будет значительно ниже [7, 8].

Цель исследования. Изучение проблематики при создании систем моделирования с переменной структурой для многокомпонентных технических объектов.

Результаты и их обсуждение. Для исследования аварийных режимов на примере индукторного двигателя двойного питания (ИДДП) необходимо составить соответствующие математические модели. Во время подключения либо отключения фаз происходит изменение всей структуры схемы замещения, а также преобразование контуров протекания токов, входных и выходных переменных, количество переменных состояния. Таким образом, ИДДП может иметь множество вариантов математических моделей в зависимости от принятых ограничений. Исходная математическая модель ИДДП имеет следующий вид:

$$\frac{d\psi}{dt} = -\mathbf{R}\mathbf{i} + \mathbf{u},$$

$$\psi = \mathbf{L}\mathbf{i},$$

где ψ – вектор потокосцеплений обмоток; \mathbf{R} – матрица сопротивлений обмоток; \mathbf{i} – вектор токов обмоток; \mathbf{L} – матрица индуктивности обмоток; \mathbf{u} – вектор питающих напряжений. Если исходную модель ИДДП преобразовать в единую систему координат обмоток в системе относительных единиц, то она примет вид

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\psi_{1x}}{dt} &= -\alpha_1\psi_{1x} + \omega_1\psi_{1y} + \alpha_1k_2\psi_{2x} + u_{1y} \\ \frac{d\psi_{1y}}{dt} &= -\omega_1\psi_{1x} - \alpha_1\psi_{1y} + \alpha_1k_2\psi_{2y} + u_{1y} \\ \frac{d\psi_{2x}}{dt} &= \alpha_2k_1\psi_{1x} - \alpha_2\psi_{2x} + (\omega_1 - \omega_r)\psi_{2y} + u_{2x} \\ \frac{d\psi_{2y}}{dt} &= \alpha_2k_1\psi_{1y} - (\omega_1 - \omega_r)\psi_{2x} - \alpha_2\psi_{2y} + u_{2y} \end{aligned} \right\},$$

где $1x, 2x, 1y, 2y$ – обозначение первой и второй двухфазных обмоток в единой системе координат; ψ – потокосцепление; u – напряжение питания; $\omega_1 = 2\pi f_1$ – угловая частота питающего напряжения первой обмотки; f_1 – частота питающего напряжения первой обмотки; ω_r – угловая скорость ротора; $k_1, k_2, \alpha_1, \alpha_2$ – дополнительные параметры.

Такой вариант модели является достаточно упрощенным, так как не учитывает асимметрию, а также позволяет применять численное интегрирование, например метод Рунге-Кутты 4–5-го порядка, быстро ввиду отсутствия тригонометрических функций, которые значительно увеличивают время расчетов [8].

Не все модели, получаемые для различных элементов, могут сочетаться между собой; так,

для двухфазных моделей ИДДП необходимы двухфазные модели устройств электропитания [6]. Поэтому создание одних моделей может повлечь необходимость создания других моделей элементов, которые будут сочетаться с исходными. В общем случае необходимо получить автоматизированный способ получения моделей различных элементов с разными допущениями. Изменения состава модели во время расчетов могут привести к проблеме сочетания переменных состояний: при переходе от одних моделей к другим количество таких переменных может либо уменьшиться (если происходит переход к более упрощенной модели), либо увеличиться.

Заключение. Рассмотрен новый подход, связанный с построением систем моделирования, который позволяет разрешать проблему противоречия между точностью и скоростью вычислений за счет построения системы моделирования с переменной структурой. Приведена проблематика разработки систем моделирования с переменной структурой для исследования аварийных режимов в индукторных двигателях двойного питания.

Литература

1. Пятибратов Г.Я., Барыльник Д.В. Моделирование электромеханических систем: учеб. пособие / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т. – Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ, 2013. – 103 с.
2. Система моделирования с переменной структурой для прецизионных динамических систем / С.А. Бронов, Е.М. Курбатов, П.В. Авласко [и др.] // Журнал СФУ. – 2014. – № 7. – С. 797–810.
3. Курбатов Е.М., Лянсбург В.П., Бронов С.А. // Информатика и системы управления: сб. науч. тр. – Красноярск, 2002. – Вып. 8. – С. 87–94.
4. Электромеханические системы космических аппаратов и автоматизация их проектирования / С.А. Бронов, Е.М. Курбатов, П.В. Авласко [и др.] // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 2. – Красноярск, 2012. – С.191–204.
5. Мищенко Д.Д. Проблемы моделирования систем динамических объектов с переменной структурой // Молодой ученый. – Челябинск, 2012. – № 4. – С. 66–69.
6. Мищенко Д.Д. Построение системы моделирования прецизионных систем // Технические науки: традиции и инновации. – Челябинск: Два комсомольца, 2013. – С. 6–8.
7. Мищенко Д.Д. Моделирование сложных динамических объектов // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 3. – С. 35–39.
8. Краснобровкин П.С., Мищенко Д.Д. Распределенная система идентификации статических моделей стохастических объектов // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 3. – С. 40–43.



УДК 628.166.085

П.П. Долгих, Ю.Л. Макулькина

ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ОСНОВЕ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ

Рассмотрены вопросы разработки технологии обеззараживания питьевой воды для нужд животноводства, которая основывается на режимах работы ультрафиолетовой облучательной установки, предусматривающих обработку воды непосредственно перед поением животных.

Ключевые слова: обеззараживание воды, ультрафиолетовая облучательная установка, система автопоения животных, энергоэффективность.