

Цель предлагаемой работы состояла в определении параметров электрического тока для коагуляции белков молочной сыворотки.

Совместно с БГУ, используя методы дифференциальной потенциометрии и брэнстедовской рК-спектроскопии, найдено изоэлектрическое число белков молочной сыворотки, лежащее в диапазоне рН 8...10.

Молочную сыворотку обрабатывали постоянным электрическим током в ячейке, разделенной мембранной перегородкой, варьируя количество электричества  $Q$  в пределах  $(0...15) \cdot 10^3$  Кл·кг<sup>-1</sup>, что изменяло рН среды от 5.0 до 11. На рисунке 1б дана зависимость выделения белка молочной сыворотки от количества электричества. Увеличение  $Q$  до  $6 \cdot 10^3$  Кл·кг<sup>-1</sup> приводит к максимальному выделению белка (95%). Дальнейший рост количества электричества не вызывает заметной коагуляции. Анализируя рисунок 1а видно, что наибольшему выделению белка соответствует рН = 8,9.

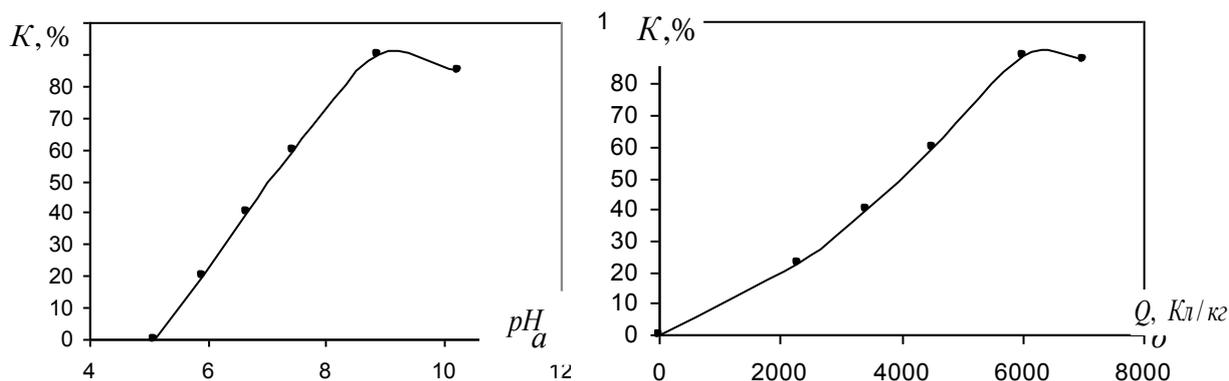


Рисунок 1- Зависимость выделения белка (K) молочной сыворотки от рН (а) и количества электричества Q (б)

Экспериментальными исследованиями установлены следующие оптимальные параметры электрокоагуляции:

- количество электричества –  $(5,5...6,5) \cdot 10^3$  Кл·кг<sup>-1</sup>;
- рН среды – 8...9;
- температура обработки – 20...30 °С.

Электротехнологический способ коагуляция позволяет выделить до 95% белков, при температуре не выше 30 °С, при этом энергоёмкость не превышает 0,12 МДж/кг, что ниже в 2...3 раза по сравнению с известными способами.

#### Литература

1. Храмцов А.Г., Нестеренко П.Г. Технология продуктов из молочной сыворотки: Учебное пособие. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 587 с.
2. Справочник по переработке молока // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://dairyprocessinghandbook.com/ru/chapter/pererabotka-syvorotki>. – Дата доступа : 10.07.2019.
3. Зонтаг Т. и др. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем. – Л.: Химия, 1973.

УДК 004.3

### МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ В СРЕДЕ PROTEUS

Матвеев И.П., к.т.н., доцент  
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время уровень развития материально-технической базы сельского хозяйства позволяет перейти от простого наполнения различной техникой к совершенствованию её структуры, повышению технического уровня на основе использования автоматизированных и роботизированных систем.

В различных роботизированных устройствах используются электродвигатели (постоянного тока, переменного тока, серводвигатели и др.). Кроме того, системы автоматизированного управления электродвигателями, как правило, включают электронные схемы с использованием микроконтроллеров различных типов. Но отладка работы реальных контроллеров оказывается достаточно сложной и трудоёмкой задачей: недостаточно просто написать программу и записать её в процессор, необходимо также подключить к выходу микроконтроллера исполнительные устройства, например, электродвигатели и только увидеть, правильно ли работает программа. Проще такую задачу можно решить используя возможности компьютерного моделирования.

Для проведения компьютерного моделирования была использована программа Proteus v8. Proteus (by Labcenter Electronics) - симулятор принципиальных электронных схем. С помощью него можно создать и проверить работу спроектированной электрической схемы с микроконтроллером. То есть можно заранее, виртуально, просмотреть результаты выполненной работы и увидеть возможные ошибки до реализации проекта на физическом устройстве. Proteus содержит большую библиотеку электронных компонентов. Главное преимущество и характерная особенность Proteus - опции по моделированию работы разнообразных программируемых устройств: микропроцессоров и микроконтроллеров.

В данном примере приводится проект схемы для управления серводвигателями (рис.1).

Серводвигатель – это двигатель с обратной связью, которой можно управлять, чтобы или достичь требуемой скорости (следовательно, крутящего момента) или же получить необходимый угол поворота. Для этой цели устройство обратной связи посылает определенные сигналы в цепь контроллера серводвигателя, сообщая о скорости и соответственно угловом положении. Если применена обратная связь, то сигнал о нем используется, чтобы остановить двигатель в тот момент, когда непосредственно ротор приблизится к необходимому угловому положению.

Решающим фактором использования сервоприводов является не только высокая их динамика, но и возможность получить высокостабильное или точное управление, широкий диапазон регулирования скорости, малые габариты и вес, а также помехоустойчивость.

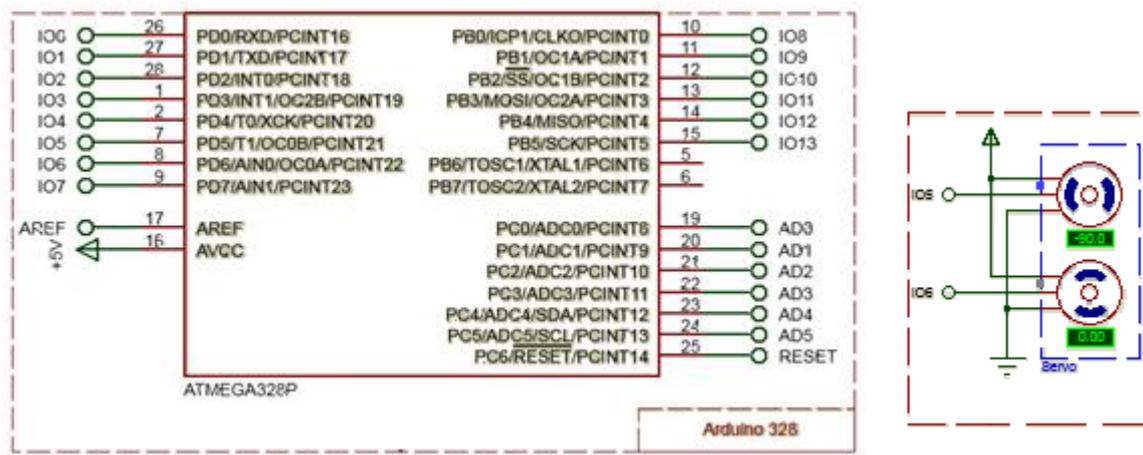


Рисунок 1 - Макет проекта

Для создания проекта необходимо собрать виртуальную электронную схему, выбрав необходимые элементы, разместить их на виртуальной плате [1]. В работе используется микроконтроллер AVR фирмы ATMEL типа ATMEGA 328P. Особенностью данной схемы является использование, так называемого, электронного конструктора Arduino. Плата Arduino представляет собой инструмент, с помощью которого можно создавать различные электронные устройства. По сути, это настоящая аппаратная вычислительная платформа универсального предназначения. Она может использоваться как для построения простых схем, так и для реализации довольно сложных проектов.

Плата Ардуино является простым микроконтроллером AVR (в данном случае ATmega 328P), который был прошит бутлоадером (специальная программа, которая располагается в памяти микроконтроллера и может самостоятельно перепрограммировать его) и имеет необходимый минимум портов ввода-вывода. Базируется конструктор на своей аппаратной части, которая представляет собой плату ввода-вывода. Для программирования платы используются языки, которые основаны на C/C++[2].

Микроконтроллер ATMEGA 328P управляет работой серводвигателя. К контроллеру может быть подключено до 8 сервоприводов. В данной работе приводится пример для управления двумя серводвигателями. В программе для микроконтроллера заложено изменение положения сервопривода от нуля до 180 градусов с шагом в один градус. Программно можно подключить любой двигатель и проверить его работу.

Для этого запускается эмуляция программы, и тогда можно наблюдать работу схемы в соответствии с написанной программой [2] для микроконтроллера. В нашем случае, в процессе эмуляции визуально наблюдаем поворот сервопривода на определенный угол.

Таким образом, используя программу Proteus, можно достаточно просто смоделировать электронную схему с микроконтроллером AVR и электродвигателями, составляющих основу роботизированных устройств, провести её отладку. И только потом создавать реальное устройство, зная, что оно работоспособно.

#### Литература

1. Матвеев И.П. Методика изучения микроконтроллеров AVR. «Информатизация образования», №2. - 2013. - С.86-95.
2. Электронный ресурс: <http://fb.ru/article/206826/arduino-dlya-nachinayuschih-poshagovyye-instruktsii-programmirovaniye-i-proektyi-arduino-s-chego-nachat>.

УДК 621.3.015.3

### **КОММУТАЦИОННЫЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ У ТРАНСФОРМАТОРА У/У<sub>н</sub> И СПОСОБ ЕГО СНИЖЕНИЯ**

**Протосовицкий И.В.**, к.т.н., доцент, **Протосовицкий Д.И.**  
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Значительная часть силовых трансформаторов, установленных в сельских сетях 0,4-10 кВ, находится под воздействием большого количества негативных факторов от внутрисетевых до окружающей среды, которые негативно сказываются на сроках эксплуатации.

Значительный ущерб силовым трансформаторам и подключенным к ним потребителям наносят перенапряжения, обусловленные коммутационными перенапряжениями, возникающими в сетях или атмосферными явлениями. Достигающие выводов трансформаторов перенапряжения могут быть ограничены большим количеством устройств защиты, находящимися вне трансформатора. Гораздо сложнее организовать устройство защиты от перенапряжений, возникающих внутри трансформатора при распределении электромагнитной волны вдоль обмотки, при этом напряжения между отдельными витками обмоток могут значительно превысить напряжения установившегося режима. Пробой изоляции влечет за собой выход трансформатора из строя и нарушение нормальных условий эксплуатации данной установки. При этом процессы, происходящие в трансформаторе при перенапряжениях, являются случайными и в полном объеме не поддаются математическому анализу.

Согласно [1] причинами отказов силовых трансформаторов являются: грозовые перенапряжения – 20,8%, внутренние перенапряжения, короткие замыкания в сетях – 34,4%, перегрузки – 7%, снижение уровня изоляции в процессе эксплуатации – 12%. Очевидно, что данные проблемы наиболее характерны для трансформаторов длительно находящихся в эксплуатации. Поэтому важно не только обеспечить надежную защиту изоляции трансформаторов, но и обеспечить условия для сохранения изоляцией своих электрических характеристик