

Максимальная производительность каждого из четырех стабилизаторов при дозировании пшеницы составляла соответственно: 15, 25, 38, 38 т/ч, а минимальная производительность: 1; 2,5; 3,5; 3,5 т/ч. Процентное соотношение компонентов предсмеси задается установкой задания массового расхода стабилизаторам потока, которое поддерживается контурами регулирования системы управления. Экранная форма структуры АСУТП приготовления предсмесей представлена на рис. 5.

К основной функции управления относится регулирование (стабилизация) заданного значения массового расхода зерновых компонентов.

Блокировка подачи зерна в автоматическом и дистанционном режиме работы, связанная с одновременным закрытием секторных задвижек стабилизаторов потока, осуществляется при останове принимающего ленточного конвейера и при отсутствии в одном из выбранных при составлении рецепта бункеров зерна. Когда достигнуто заданное значение суммарной массы предсмеси по заданному рецепту система блокирует все секторные задвижки стабилизаторов потока и останавливает свою работу на заданном рецепте.

В процессе работы система производит корректировку общей производительности линии дозирования в случае рассогласования процентного соотношения зерновых компонентов, входящих в смесь, от заданного.

Информационное обеспечение система реализует с использованием видеотерминала АРМ оператора. На мнемонической схеме отображается в графическом виде состав, расположение и взаимосвязи оборудования ТП. С помощью цветowych индикаторов отображается текущее состояние технологического оборудования, прямых и косвенных аналоговых переменных, характеризующих состояние процесса. На видеотерминале выводятся численные значения прямых и косвенных переменных, характеризующих текущие технологические параметры процесса и состояние оборудования. Выводятся данные интерактивного ввода, дата и время работы линии дозирования с момента ее пуска для выполнения заданного рецепта,

тренды (графики) изменения значений массового расхода и погрешностей стабилизации каждого компонента, а также текстовые сообщения о нештатных событиях процесса, содержащие время события, идентификатор источника (аварийной) ситуации.

Система реализует автоматическое ведение протокола и архива данных и событий процесса с возможностью просмотра их на видеотерминале операторской станции в ходе процесса.

Оператор в интерактивном режиме может:

- выбрать один из шестнадцати рецептов приготовления зерновой предсмеси или отредактировать текущий рецепт;
- задать новое или согласиться с имеющимся распределением зерновых компонентов по шести бункерам;
- управлять винтовыми задвижками бункеров, задействованными в данном рецепте;
- осуществлять пуск/останов ТП;
- формировать отчет по расходу зерновых компонентов с нарастающим итогом и без него за любой заданный период времени.

В автоматическом режиме система поддерживает процентное соотношение компонентов предсмеси в соответствии с заданным значением расхода за счет стабилизации массового расхода зерновых компонентов в каждом из четырех стабилизаторов потока. Стабилизация осуществляется помощью контуров регулирования.

Текущее значение массы, прошедшей через каждый стабилизатор, вычисляется путем интегрирования текущего значения канала измерения массового расхода. При равенстве текущего значения массы дозированного компонента заданному значению, процесс дозирования прекращается, при этом происходит закрытие секторных задвижек выбранных стабилизаторов с определенным интервалом.

Фактические значения масс всех компонентов, участвующих в приготовлении дозы смеси, используются для составления отчетов за любой интервал времени в течение года. Этот отчет формируется в виде текстового файла для последующей распечатки на принтере.

Контактный телефон (495) 730-41-12.

E-mail: marketing@tecon.ru http://www.tecon.ru

ТЕХНОЛОГИЯ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

У. Клютте (Berthold Technologies GmbH & Co KG)

В настоящее время содержание сухого вещества в сахарном сиропе и в кристаллизационной суспензии может быть измерено в режиме РВ с использованием наиболее совершенной микроволновой технологии. В статье описаны факторы, влияющие на микроволновое измерение, принципы обработки сигнала, показаны пути повышения качества контроля над ТП. Представлена измерительная система Micro-Polar Brix, разработанная компанией Berthold.

Точное определение содержания сухого вещества (концентрация Brix) и/или плотности имеет существенное значение для различных процессов производства сахара, например, непрерывное измерение содержания сухого вещества требуется в течение всего процесса кристаллизации. Точное измерение требуется как на стадии раствора до точки посева, так и на стадии утфеля до вы-

грузки продукта. Такое измерение не может быть обеспечено использованием в технологии рефрактометров, поскольку при этом измерение на стадии кристаллизации будет невозможным. Микроволновая технология предлагает эффективное решение этих измерительных задач. Для подобных измерительных систем поставляются специальные трубопроводные зонды.

Микроволновые системы были представлены в [1]. В настоящей статье рассмотрим вопросы обработки сигнала и внедрения таких систем с описанием преимуществ для пользователя.

Факторы, влияющие на микроволновое излучение

Микроволны являются электромагнитными волнами, схожими с используемыми в радиопередатчиках, беспроводных сетях, мобильных телефонах и микроволновых печах. Микроволны, используемые во всех этих применениях, различаются частотным диапазоном и мощностью (таблица). Частота микроволнового излучения, используемого в измерительных системах в сахарной промышленности, обычно составляет около 2,5 ГГц при невысокой мощности.

В микроволновом измерительном приборе микроволны от передатчика проходят сквозь продукт как волны и регистрируются приемником. Если передатчик и приемник образуют единую сборку, принципом действия этих устройств может быть резонанс, рассеивание или отражение микроволнового излучения. Если передатчик и приемник разделены, измерение основано на прохождении волн через продукт. Эта технология используется фирмой Berthold, поскольку обычно обеспечивает большую репрезентативность результатов измерения в силу существенно большего количества продукта, вовлеченного в процесс измерения.

При прохождении микроволнового излучения через продукт его различные компоненты поляризуются в различной степени, что приводит к потере микроволновым излучением скорости и энергии. Снижение скорости характеризуется сдвигом фазы сигнала, снижение энергии влияет на затухание микроволн (рис. 1). Если в продукте есть носители свободных зарядов или поляризованные вещества, такие как молекулы воды, эффект возрастает. Влияние воды на сигнал приблизительно в 40 раз выше, чем влияние других компонентов, таких как сахар. Из этого очевидно, насколько высока избирательная чувствительность измерения к концентрации воды. Зависимость между содержанием воды и сухим веществом позволяет точно определить концентрацию, *brix* и плотность веществ на всех этапах производства сахара.

Измерение на утфельной массе

При измерении содержания сухого вещества в утфеле для микроволнового измерения не имеет различия между сухим веществом, содержащимся в кристаллах или в растворе. Для калибровки микроволновые сигналы (фаза и затухание) соотносятся с данными лабораторного анализа образцов. Если в образце присутствуют кристаллы, они должны быть предварительно растворены (путем снижения концентрации), чтобы затем определить общее содержание твердого вещества.

Таким образом, микроволновая система всегда измеряет фактическое содержание сухого вещества независимо от агрегатного состояния сахара (растворенного или частично кристаллизованного). На этом

Таблица

Области применения	Мощность СВЧ-излучения, Вт
Микроволновая печь	1000
Мобильный телефон	2
Micro-Polar Brix	0,0001

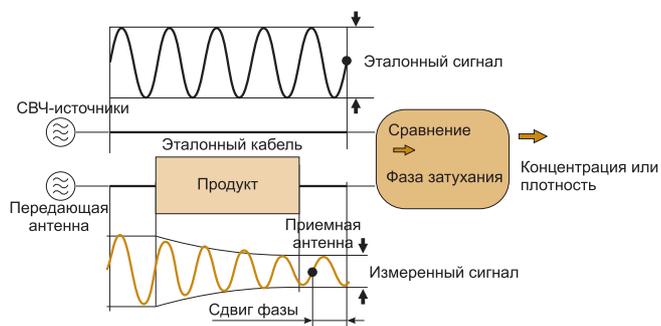


Рис. 1. Принцип микроволнового измерения

основана простота калибровки так же, как и высокая надежность при использовании на этапе кристаллизации. Пробоотбор для калибровки может выполняться равномерно в течение всего процесса кристаллизации, независимо от стадии раствора или утфеля. Для определения линейной калибрационной кривой достаточно двух образцов.

Остальные измерительные технологии, используемые в процессе кристаллизации, менее надежны. Например, инфракрасное измерение неработоспособно на кристаллизационной суспензии, а для радиометрического измерения плотности необходимо две линейных калибрационных кривых, поскольку поглощение гамма-излучения различно в растворе и в утфеле.

Факторы, влияющие на измерение

Размер кристаллов. Влияние размера кристаллов на микроволновое измерение невелико. Присутствие кристаллов может оказывать влияние на погрешность измерения пропорционально соотношению длины волны к размеру кристалла. При соотношении длина волны/размер кристаллов >10 влияние пренебрежимо мало. При обычно используемой частоте 2,5 ГГц средняя длина волны в продукте составляет 30 мм, соответственно влияние кристаллов размером <3 мм несущественно.

Доброкачественность. Оба микроволновых сигнала (фаза и затухание) хорошо коррелируют на большинстве применений. Фаза используется для калибровки из-за ее высокой измерительной чувствительности. Чувствительность измерения затухания существенно возрастает на соках с низкой очисткой. В таких случаях для повышения точности измерения предпочтительнее использовать комбинированную калибровку, основанную на фазе и затухании. Таким образом, достигается высокая точность микроволновой измерительной технологии на продуктах любой доброкачественности. Влияние колебаний доброкачественности в пределах одного продукта на погрешность измерения несущественно.

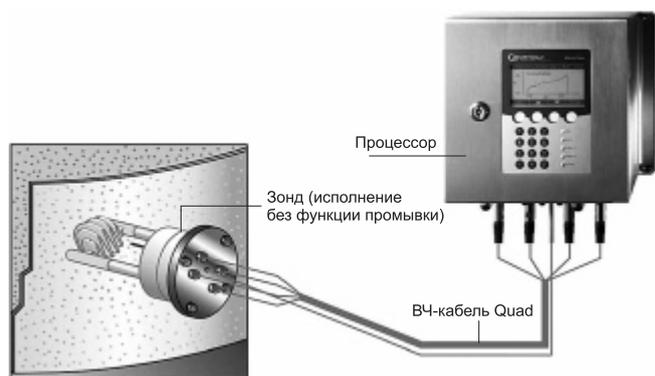


Рис. 2. Измерение в кристаллизаторе

Отметим, что существует четкая зависимость работоспособности кондуктометров и низкочастотных приборов, использующих иной частотный диапазон, от доброкачественности вплоть до невозможности измерения. Низкочастотные системы работают в диапазоне МГц, микроволновые – в диапазоне ГГц.

Цвет и мутность. Влияние цвета и мутности продукта на микроволновую систему несущественно.

Температура продукта. Ориентация молекул воды в микроволновом поле и соответственно измерение концентрации/влажности зависит от температуры. Температурное влияние в большинстве случаев линейно и может быть легко компенсировано. При процессе кристаллизации в вакуумном аппарате температура может изменяться в пределах 60...80°C в зависимости от характеристик вакуума. Температурная зависимость в этом диапазоне также линейна.

Обработка сигнала

Для определения и анализа изменений фазовых и амплитудных характеристик волны требуется высокое качество обработки сигнала. Результат зависит от динамики оборудования, определенности измерения и стабильности СВЧ-генерации. Под динамикой оборудования понимается качество приема и/или распознавания микроволнового сигнала – чем выше динамика, тем выше точность прибора. Аналогия из природы: молодежь обладает более чутким слухом и более высокой акустической динамикой по сравнению с пожилыми людьми. Аппаратная динамика анализатора Micro-Polar Vrix составляет 70 дБ, что значительно превышает средний уровень других микроволновых систем, применяемых в сахарной промышленности.

Определенность измерения является базовой предпосылкой микроволнового измерительного прибора. Возможные скачки фазы могут быть интерпретированы прибором как соответствующие изменения концентрации, притом, что фазовая характеристика волны (которая может быть $\pm 360^\circ$) в принципе однозначна. Таким образом, время от времени может возникать неопределенность измерения. Например, глядя на циферблат обычных механических часов, невозможно отличить пять часов утра от пяти часов вечера. Требуется дополнительная информация, напри-

мер, положение солнца или освещенность снаружи.

Прибор Micro-Polar Vrix устраняет проблему неопределенности путем применения к результатам измерения квалифицированных критериев правдоподобия, что гарантирует достоверность фазы. Отдельная функция предусмотрена для ограничения пределов измерения.

Микроволновая измерительная система: процессор и зонды

Микроволновая измерительная система Berthold состоит из двух компонентов:

- процессор, включающий высокопроизводительный блок обработки информации и цифровой СВЧ-генератор, собранный в надежном корпусе из нержавеющей стали и оснащенный графическим дисплеем;
- микроволновый зонд, выполненный в виде погружного зонда, трубопроводного зонда или пары трубных антенн. На рис. 2 показана типовая конфигурация системы с погружным зондом. Для подключения микроволнового зонда к процессору всегда используется высокочастотный кабель.

Процессор. Компактный процессор (цифровой процессор и микроволновый модуль) разработан для простого и понятного управления с помощью мягких клавиш и клавиатуры. Выходной сигнал передается по изолированному токовому выходу 0/4...20 мА и альтернативному интерфейсу RS-232. Все параметры и калибрационные данные, сохраняемые в энергонезависимой EEPROM-памяти, защищены от утраты при откате питания и легко могут быть заменены.

Процессор поддерживает один зонд, что гарантирует эксплуатационную надежность. Расстояние между процессором и зондом достигает 10 м, что достаточно для размещения высокочастотного модуля вне горячей зоны, в которой находится зонд. Компактный процессор сертифицирован до применения при максимальной рабочей температуре 60°C. Второй высокочастотный канал является эталонным и обеспечивает высокую устойчивость от смещения показаний из-за изменений температуры рабочего кабеля.

Анализатор Micro-Polar Vrix производства Berthold поддерживает до четырех пакетов калибрационных параметров для различных продуктов. Переключение продукта может быть выполнено как с клавиатуры, так и из аппаратной через внешний цифровой вход. Таким образом, в одном и том же кристаллизаторе могут быть измерены различные продукты. При циклическом процессе большим преимуществом является возможность распознавания паузы между двумя циклами и определение содержания сухого вещества автоматически без потери времени для достижения рабочего режима после нового запуска. Функция распознавания паузы в Micro-Polar Vrix переключает токовый выход на нижнее предельное значение при выгруженном продукте. Новая величина содержания сухого вещества в новом растворе определяется только при следующей подкачке продукта в

емкость, что обеспечивает возможность оперативного контроля. Процессор Micro-Polar Brix самодостаточен для быстрой и простой инициализации и запуска; использование внешних ПК не требуется. Ручная запись результатов измерения образцов не требуется, поскольку пробоотбор автоматизирован. После простого ручного ввода соответствующих лабораторных данных автоматически выполняется анализ регрессии и рассчитывается оптимальная калибрационная кривая. Лабораторные данные и результаты измерения выводятся на дисплей в графическом виде с указанием коэффициента корреляции.

Микроволновые зонды. Погружной зонд поставляется в двух модификациях: без функции промывки со встроенным РТ100 и с функцией промывки без РТ100.

Уникальной особенностью этих зондов является фокусированное микроволновое поле. Микроволны направлены только к противоположному стержню-приемнику, что снижает влияние на измерение внешних изменений вокруг зонда. Встроенное устройство промывки погружного зонда разработано таким образом, что обеспечивает максимальную эффективность очистки при минимальном расходе. Небольшой расход промывочного раствора не оказывает никакого влияния на процесс кристаллизации. Таким образом, быстрое (несколько секунд) восстановление сигнала гарантирует безопасность контроля ТП. Погружные зонды поставляются с различными типоразмерами фланца, что упрощает замену по сравнению с другими системами. Погружные зонды в основном используются на технологических выпарных кристаллизаторах. Стандартный погружной зонд без промывки используется в циклическом процессе кристаллизации, зонд с функцией промывки — в непрерывном процессе. Трубопроводный зонд (рис. 3) полностью футерован фторопластом и является полнопроходным, т.е. не имеет каких-либо деталей в проточной части. Конструкция гарантирует высокую устойчивость против абразивного износа и обеспечивает надежное измерение на таком применении, как концентрация известкового молока.

Практический опыт применения микроволновых приборов в сахарной промышленности

Микроволновые приборы Berthold успешно используются для решения самых разнообразных задач, таких как типовые применения на выпарных аппаратах непрерывного и периодического действия; измерение содержания сухого вещества в диффузионном соке, очищенном соке перед выпариванием и сиропе. В типовых



Рис. 3. Микроволновой зонд в трубопроводном исполнении



Рис. 4. Система для измерения влажности сахара

применениях обычная точность измерения составляет $< 0,2\%$ по содержанию сухого вещества [2].

С помощью микроволнового измерителя Berthold можно измерить не только содержание воды в сахарном сиропе/утфеле, но и выполнить целый ряд других замеров в сахарной промышленности. Базовая физика измерения при этом неизменна: имеется один компонент — вода с высоким эффектом на прохождение микроволнового излучения и второй компонент, существенно менее подверженный взаимодействию с микроволнами. Примерами являются измерение содержания сухого вещества в известковом молоке и измерение влажности в кристаллическом сахаре.

Измерение влажности при производстве сахара-рафинада
Влажность кристаллического сахара должна контролироваться непосредственно перед подачей в формирующий фильтр, предназначенный для производства сахара-рафинада.

Подача воды контролируется анализатором влажности Berthold. В этом случае подача воды должна осуществляться выше зоны измерения влажности. Точность измерения влажности имеет критическое значение для качества сахара-рафинада. Измерительная система показана на рис. 4. Микроволновые антенны установлены на измерительной лотке.

Достигнутая точность измерения составляет $< 0,05$ весовых % влажности с корреляцией 0,969, при этом гарантируется высокое качество продукта даже без использования дополнительного оборудования для компенсации.

Сахар накапливается в лотке для дальнейшей обработки, полностью заполняя, таким образом, микроволновое измерительное поле.

Определение содержания сухого вещества в известковом молоке

Сырой сок должен быть отделен от других составляющих (несахаров). Эти вещества отделяются путем дефекации — добавления известкового молока. Промышленное известковое молоко с концентрацией около 21 Ве, концентрация которого должна быть постоянной насколько возможно. Негашеная известь, поступающая из печи, равномерно подается в барабан и гасится гасильным раствором (водой). После отделения крупных твердых отходов, таких как камни, полученное так называемое сырое известковое молоко поступает в классификатор, где осаждаются оставшиеся крупнозернистые компоненты и части непрореагировавшего продукта.

С помощью микроволнового измерения, установленного на классификаторе (погружной зонд рис. 5),

сокращается время реакции и обеспечивается контроль за концентрацией сырого известкового молока на уровне около 22,5 Ве путем изменения подачи негашеной извести. Достижимая точность микроволнового измерения составляет 0,15 Ве.

Известковое молоко из классификатора поступает в распределительный контейнер, состоящий из нескольких последовательных камер. Известковое молоко, полученное с концентрацией около 22,5 Ве, далее измеряется микроволновой системой и регулируется подачей гасильного раствора в промышленное известковое молоко. Достижимая точность составляет 0,1 Ве.

В общем случае трубопроводный измерительный зонд используется для измерения концентрации промышленного известкового молока. Зонд устанавливается в существующий трубопровод, например с Ду=65 мм.



Рис. 5. Применение на известковом молоке

Заключение

За последние несколько лет микроволновая технология для измерения содержания сухого вещества получила широкое признание в сахарной промышленности. Существенный вклад для получения этого признания были новаторские разработки Berthold Technologies. Первое микроволновое применение было выполнено в сезон 1997 г. на сахарном заводе Jülich (Германия) на кристаллизаторах выпаривания рафинированного сахара и сахара-сырца.

Микроволновая измерительная техника предлагает очень точное и надежное измерение концентрации

во всех областях сахарной промышленности. Область применения не ограничивается такими стандартными применениями, как процессы кристаллизации выпариванием, но и позволяет выполнить ряд специализированных измерений.

Berthold Technologies предоставляет оборудование для сахарной промышленности более 30 лет. Знания и опыт этих лет легли в основу Micro-Polar Vrix, который имеет успешный опыт эксплуатации на значительном числе применений и предлагает надежное и точное измерение на основе наиболее современных разработок в области микроволновой технологии, объединенное с простотой и безопасностью в использовании.

При этом с уверенностью можно сказать, что системы с низкоэнергетическими микроволнами оказывают весьма незначительное влияние как на человеческий организм, так и на окружающую среду и являются абсолютно безопасными.

Частотный диапазон Micro-Polar Vrix лицензирован FCC (Федеральная Комиссия по Коммуникациям) и ETSI (Европейским Институтом по Телекоммуникационным Стандартам).

Список литературы

1. *Клюте, У.* Процедура микроволнового измерения при экстракции сока. Издание Ассоциации Технологов Сахарной Промышленности США (SIT), 65, документ 912. 2006.
2. *Митчелл, Г.Е. и Шпрингер, Х.К.* Анализ микроволнового зонда Berthold Technologies. Издание Южноафриканская Ассоциация Технологов Сахарной Промышленности (SASTA), 80: 365-367. 2006.

Ульрих Клюте – инженер Berthold Technologies GmbH & Co KG

Контактный телефон 49 7081 177-0, факс 49 7081 177-100.

Представительство в Москве: (495) 933-85-76.

E-mail: industry@Berthold.com Http://www.Berthold.com

Точность – лучший рецепт

**М. Амлинг (Eckes-Granini Deutschland GmbH),
Х.-П. Визенер (KROHNE Messtechnik GmbH), Б. Шумахер (KROHNE)**

Показаны технологические участки применения кориолисовых массовых расходомеров OPTIMASS, уровнемеров OPTI-WAVE и магнитно-индуктивных расходомеров OPTIFLUX производства компании KROHNE в пищевой промышленности.

Компания KROHNE предлагает пищевой промышленности и промышленности по производству напитков обширный выбор измерительных приборов для применения в следующих областях: измерение давления и температуры, хранение и временное хранение, дозирование и смешивание электропроводящих и непроводящих продуктов, розлив и дозирование продукции, а также для применения в процессе промывки (CIP). При этом множество типов присоединения (DIN 11851, DIN 11864, Clamp, SMS) обеспечивает абсолютно гигиеническую

адаптацию подключаемого прибора. Кроме этого, почти все приборы могут быть подключены к современным коммуникационным системам, например, коммуникационный протокол Profibus PA.

Концентрат фруктового сока: случай для кориолисового расходомера

Оборудование фирмы KROHNE используется на заводе Hennef-Broel – самом большом предприятии по производству фруктовых соков Eckes-Granini (Герма-