

При этом уменьшение величины $T_{зд}$ существенно улучшается качество отработки внутренних возмущений приложенных к входу объекта регулирования.

Список использованной литературы

1. Фрер, Ф. Введение в электронную технику регулирования/ Ф. Фрер, Ф. Орттенбургер; пер. с нем. М.: Энергия, 1973. 192 с.
2. Astrom, Karl J. PID controllers: theory, design, and tuning/Karl J. Astrom, Tore Hagglund – 2nd ed. p. cm. Rev. ed. of Automatic tuning of PID controllers. c1988).

УДК 621.586.6

Дайнеко В.А., к.т.н., доцент, Равинский Н.А., ст. преподаватель,
Прищепова Е.М., к.т.н., доцент
*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск*

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ДАТЧИК ВЛАЖНОСТИ

Простым решением проблемы контроля влажности почв может служить конструкция и схема датчика влажности, основанная на измерении комплексной проводимости почвы между электродами. Свойства диэлектрика в электрическом поле характеризуется его комплексной диэлектрической проницаемостью [1]:

$$\varepsilon^* = \varepsilon' - \varepsilon'', \quad (1)$$

где ε' – действительная составляющая комплексной диэлектрической проницаемости, обусловленная, в основном, токами смещения в диэлектрике;

ε'' – мнимая составляющая комплексной диэлектрической проницаемости (коэффициент потерь), обусловленная, главным образом, токами проводимости в диэлектрике.

Для диэлектриков, у которых токи смещения преобладают над токами проводимости, потери, характеризуемые тангенсом угла потерь малы, а добротность велика:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} \rightarrow \min; \quad Q = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta} \rightarrow \max, \quad (2)$$

Диэлектрики, у которых токи проводимости преобладают над токами смещения, приближаются к проводникам, для которых $\varepsilon'' \gg \varepsilon'$, т.е. потери $\operatorname{tg} \delta \rightarrow \max$, а добротность – к минимуму. Из (1) и (2) следует: если материал с очень большими потерями исследовать в емкостном преобразователе, то его полное сопротивление будет определяться в основном активной составляющей, т.е. измерительная схема станет малочувствительной к изменению емкости. Таким образом, для материалов с большими потерями подходит параллельная эквивалентная схема замещения. Тангенс угла потерь и добротность измерительной ячейки или межэлектродного пространства при параллельной схеме замещения определяются следующими выражениями:

$$\operatorname{tg} \delta_3 = \frac{1}{\omega R_3 C_3} = \frac{G_3}{\omega C_3}; \quad Q = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta_3} = \frac{\omega C_3}{G_3}, \quad (3)$$

где G_3 – эквивалентная активная проводимость измерительной ячейки;

ωC_3 – эквивалентная реактивная проводимость ячейки.

С учетом особенностей физических свойств тепличных почв и грунтов разработана измерительная схема, позволяющая получить достаточно высокую чувствительность к изменению распределения влаги в объеме субстрата при помощи высокочастотного (использовались частоты 10...20 МГц) кондуктометрического измерительного преобразователя. Применение высоких частот позволяет уменьшить влияние концентрации солей на результаты измерений влажности субстрата. Система электродов соединена с обмоткой $L2$ высокочастотного трансформатора ИГ, первичная обмотка которого включена в цепь коллектора транзистора VTI , на базу которого через конденсатор $C3$ поступает напряжение синусоидальной формы частотой 10 МГц с выхода задающего генератора, стабилизированного кварцевым резонатором. Наличие вторичной цепи, состоящей из электродов, соединительных кабелей и коммутатора, индуктивно связанной с выходным контуром $L1C1$, вызывает в этом контуре добавочную комплексную проводимость $b_L = \omega^2 M^2 / Z_K$, где M – взаимная индуктивность между катушками; Z_K – полное сопротивление вторичного контура.

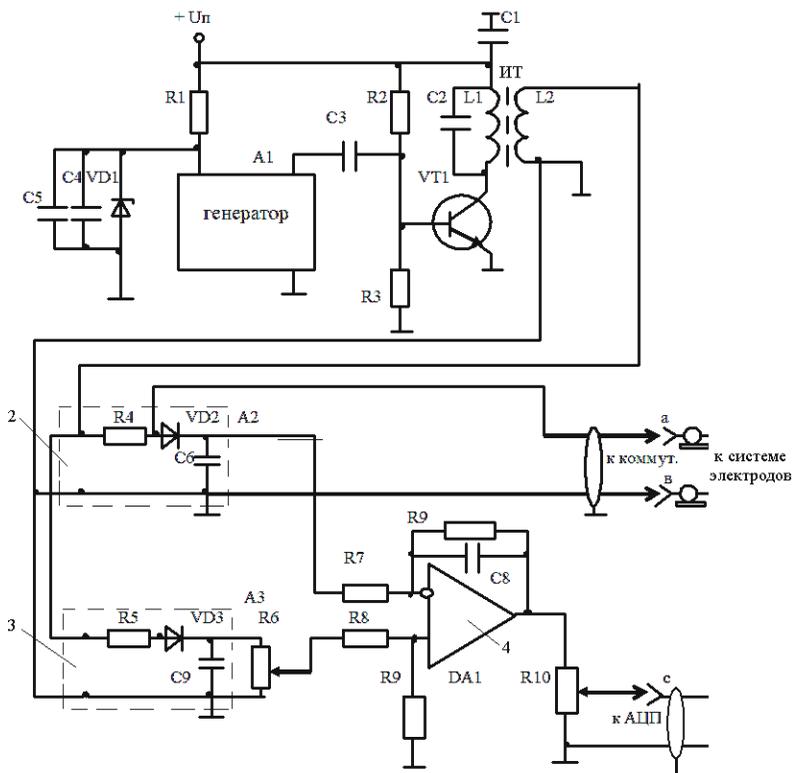


Рис.1. Принципиальная схема измерительного преобразователя влажности почвы

Таким образом, шунтирующее действие электродов, помещенных во влажную среду, приводит к уменьшению амплитуды ВЧ-сигнала во всех катушках ВЧ-трансформатора. Такая измерительная схема позволила уменьшить влияние большой проводимости влажного материала на работу генератора ВЧ; кроме того, удалось отделить электроды от общего провода измерительной схемы, что уменьшило взаимное влияние электродов разных ячеек друг на друга. Выводы катушки $L2$ соединены со входом ВЧ-детектора 2; на вход ВЧ-детектора 3 поступает напряжение с выхода задающего генератора. Детектор 2 является измерительным, а детектор 3 – опорным. Их выходы соединены со входами дифференциального усилителя 4, в результате чего напряжение на выходе этого усилителя пропорционально проводимости между электродами, и следовательно, влажности материала между ними. Выходное напряже-

ние дифференциального усилителя пропорционально разности сигналов на его входах, что позволяет устранить влияние нестабильности амплитуды задающего генератора, так как опорным сигналом является напряжение на выходе детектора 3.

Список использованной литературы

1. Кричевский, Е.С. Теория практика экспрессного контроля влажности твердых и жидких материалов: / Е.С. Кричевский, В.К. Бензарь, Н.В. Венедиктов. – Москва: Энергия, 1980. – 240 с.

УДК 621.586.6:631.4

**Дайнеко В.А., к.т.н., доцент, Равинский Н.А., ст. преподаватель,
Прищепова Е.М., к.т.н., доцент**

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск*

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ

Измерительные преобразователи (датчики) влажности почв применяют в системах контроля и управления технологическими процессами в теплицах и на объектах орошаемого земледелия. Такие датчики должны обеспечивать достоверные непрерывные измерения, необходимые для поддержания оптимальной влажности почв и тепличных грунтов, что важно для фотосинтеза, транспирации и предотвращения болезней растений [1].

Принцип действия датчиков влажности почвы основан на зависимости диэлектрических параметров почв от содержания в них воды; как правило, измерения проводятся на высоких (ВЧ) и сверхвысоких (СВЧ) частотах [2].

В *ВЧ-датчиках* может использоваться метод рефлектометрии во временной области (*TDR*) или частотной области (*FDR*), где электромагнитный импульс на частотах 10-400 МГц посылается по электродам-зондам. Скорость импульса и частота волны меняются в зависимости от влажности почвы. *СВЧ-датчики (резонаторные и полосковые)* работают на более высоких частотах (1-10 ГГц). Например, в СВЧ-резонаторе измеряют диэлектрические параметры ма-