

ДВУХКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЫХОДНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА МИКРО-ГЭС

Свит П.П. – к.т.н., старший преподаватель

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В современных условиях политика эффективного энергоиспользования является залогом не только экономического роста, но и устойчивого развития Российской Федерации в целом. В настоящее время в этой сфере все больше внимания уделяется диверсификации энергобаланса за счет использования альтернативных источников энергии, среди которых особый интерес представляют возобновляемые источники энергии (ВИЭ), преобразуемые в электроэнергию по эффективным нетрадиционным и экологически чистым технологиям.

Среди ВИЭ весьма существенное место по запасам и масштабам использования занимает энергия потоков воды. Объясняется это большим гидроэнергетическим потенциалом малых рек в России, высокой энергетической плотностью потоков воды, широкими возможностями по регулированию их энергии и относительной временной стабильностью режима стока большинства рек, что позволяет использовать простые и недорогие системы генерирования и стабилизации параметров производимой электроэнергии. Однако для выработки электроэнергии человечество практически не использует энергию водотоков с напорами от 1 до 6 м и расходами от 0,05 до 5,0 м³/с [1-3].

Действующие в настоящее время микро-ГЭС различаются схемами, составом и компоновкой гидротехнических сооружений, типами генераторов и системами автоматического управления (САУ) параметрами вырабатываемой электроэнергии. Микро-ГЭС представляют собой комплекс сооружений и оборудования, обеспечивающий электроснабжение различных по своей структуре потребителей в соответствии с их требованиями. Состав сооружений, их конструкция и компоновка, количество и тип основного и вспомогательного оборудования определяются исходя из принципов комплексного использования гидроэнергетических ресурсов и обеспечения экологической безопасности функционирования объектов.

В состав любой микро-ГЭС входит водозаборное устройство, водоподводящая и водоотводящая системы, запорная аппаратура, гидродвигатель, электромашинный генератор, система автоматического управления выходными параметрами генератора.

Описанные в литературе микро-ГЭС в качестве преобразователя энергии водяного потока в механическую энергию вращательного движения вала генератора в той или иной степени используют все типы гидротурбин. На рисунке 1 представлены диапазоны эффективной работы различных типов гидродвигателей.

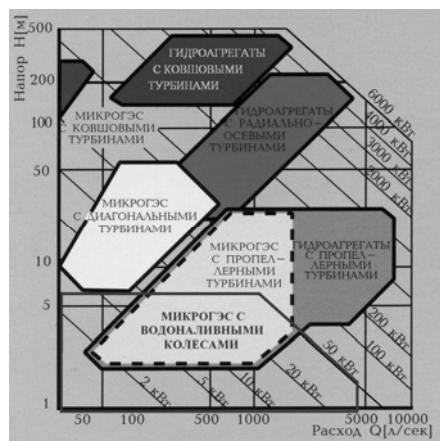


Рисунок 1 – Диапазоны напоров и расходов эффективной работы водоналивных колес и различных типов гидротурбин

Основным направлением в создании современных автоматизированных микро-ГЭС является применение нерегулируемых гидродвигателей и повышение требований к устройствам генерирования электроэнергии и стабилизации ее параметров. На основе анализа существующих конструкций микро-ГЭС и факторов, характеризующих автономных потребителей небольшой мощности, сделан вывод, что наиболее перспективным является вариант гидроэлектростанции, оборудованной водоналивным колесом (ВК) и асинхронным самовозбуждающимся генератором (АСГ) с автобалластной тиристорной системой стабилизации амплитуды и частоты вырабатываемого напряжения с фазовым регулированием. [1-5].

Стабилизация выходных параметров АСГ за счет регулирования величины его электрической нагрузки путём включения на выход генератора

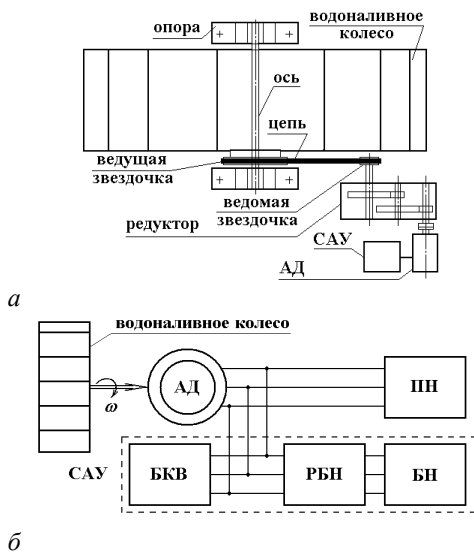


Рисунок 2 – Схемы компоновки основных узлов (а) и стабилизации параметров микро-ГЭС с САУ автобалластного типа (б)

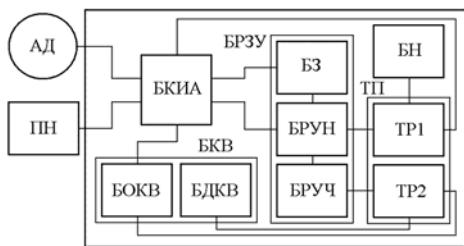


Рисунок 3 – Блок-схема двухканальной САУ

АД – асинхронный двигатель; РБН – регулятор балластной нагрузки; БКИА – блок коммутационной и измерительной аппаратуры; БКВ – блок конденсаторов возбуждения; БОКВ, БДКВ – блоки основных и дополнительных конденсаторов возбуждения; БРЗУ – блок регулирования, защиты и управления; БРУН, БРУЧ, БЗ – блоки регулирования и управления напряжением и частотой, блок защиты; ТП – тиристорный преобразователь; ТР1, ТР2 – тиристорные регуляторы; ПН, БН – полезная и балластная нагрузки

ных конденсаторах в соответствии с отклонением частоты напряжения от номинальной величины. К асинхронному двигателю с короткозамкнутым ротором (АД) через блок коммутационной и измерительной аппаратуры (БКИА) подключается блок основных конденсаторов возбуждения (БОКВ), блок регулирования, защиты и управления (БРЗУ), тиристорный регу-

лируемой балластной нагрузки позволяет существенно упростить вентильный преобразователь и конструкцию гидроагрегата, снизить стоимость установки. Если под «балластной» понимать некоторую полезную нагрузку (ПН), то данный способ стабилизации подразумевает автоматическое перераспределение электрической мощности между потребителями, часть из которых допускает снижение величины питающего напряжения или его отключение [1-2]. На рисунке 2 представлены кинематическая схема микро-ГЭС и структурная схема стабилизации параметров автобалластного типа.

САУ предназначена для стабилизации рабочих режимов работы микро-ГЭС. Момент вращения ВК M_K через передаточный механизм, состоящий из цепной передачи и редуктора, сообщается ротору АСГ. Скорость вращения колеса ω_K (ротора генератора ω_p) устанавливается при равенстве моментов M_K и момента сопротивления M_c , который определяется электромагнитным моментом АСГ M_e , зависящим от многих факторов, среди которых определяющим является способ управления балластной нагрузкой (БН). Таким образом, статическая устойчивый режим работы микро-ГЭС зависит от выбора параметра, по которому осуществляется регулирование балластной нагрузки. К параметрам, по которым целесообразно осуществлять регулирование рабочих режимов микро-ГЭС, относятся ток нагрузки и его составляющие, частота выходного напряжения и его величина. Частота напряжения зависит от скорости вращения ротора АСГ (водяного колеса) и скольжения. С другой стороны, скорость вращения ротора АСГ обратно пропорциональна моменту сопротивления генератора, который прямо пропорционален квадрату вырабатываемого напряжения. В разработанной двухканальной САУ, блок-схема которой изображена на рисунке 3, стабилизация величины напряжения осуществляется регулированием мощности БН по отклонению напряжения от номинального. Стабилизация частоты напряжения осуществляется изменением напряжения на добавоч-

лятор TP1 тиристорного преобразователя (ТП) и ПН. БОКВ постоянно подключен к статорным обмоткам двигателя. Регулятор TP1 в соответствии с сигналами блока регулирования и управления напряжением (БРУН) управляет мощностью балластной нагрузки (БН) и тем самым стабилизирует величину напряжения. Контроль и регулирование частоты напряжения осуществляет блок регулирования и управления частотой (БРУЧ), который вырабатывает сигналы управления тиристорным регулятором TP2, управляющим емкостью блока конденсаторов возбуждения (БДКВ) таким образом, чтобы ток добавочных конденсаторов компенсировал индуктивную составляющую ПН. Таким образом, САУ, регулируя величину БН и емкости конденсаторов возбуждения, поддерживает амплитуду и частоту напряжения на зажимах АСГ в пределах допустимых значений. Блок защиты (БЗ), вырабатывающий сигналы управления коммутационной аппаратурой, соединяющей БОКВ со статорными обмотками АД, предназначен для защиты САУ от перенапряжения.

Литература

1. Лукутин Б.В., Сипайлов Г.А. Использование механической энергии возобновляемых природных источников для электроснабжения автономных потребителей. – Фрунзе: Илим, 1987. – 136 с.
2. Лукутин Б.В., Шандарова Е.Б. Автономное электроснабжение от микрогидроэлектростанций. – Томск: STT, 2001. – 120 с.
3. Gerald Muller, Klemens Kauppert. Old watermills – Britain's new source of energy? // New civil engineer international. – 2003, March. – p. 20-28.
4. Бояр-Созонович С.П. Асинхронные генераторы. Свойства и перспективы / С. П. Бояр-Созонович // Электротехника. – 1990, № 10. – С. 55-58.
5. Малая гидроэнергетика / под ред. Л.П. Михайлова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 186 с.

КОМПЛЕКСНЫЙ РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ МИКРО-ГЭС
НА ОСНОВЕ ВОДОНАЛИВНЫХ КОЛЕС И
АСИНХРОННЫХ САМОВОЗБУЖДАЮЩИХСЯ ГЕНЕРАТОРОВ
Свит П.П. – к.т.н., старший преподаватель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Экологическая ситуация, непрерывный рост территориально разнесенных и удаленных от электрических сетей сельскохозяйственных и других объектов небольшой мощности, располагающихся вблизи водных потоков с напорами от 1 до 6 м и мощностью от 1 до 100 кВт, ставят задачи создания недорогих и эффективных автономных автоматизированных микро-ГЭС с целью удовлетворения бытовых и производственных потребностей в электрической энергии. Наиболее перспективными в указанном выше диапазоне напоров являются микро-ГЭС с водоналивными колесами (ВК) и асинхронными самовозбуждающимися генераторами (АСГ). ВК просты по конструкции, имеют низкую стоимость, высокий коэффициент полезного действия (КПД), надежны и просты в эксплуатации. Современные достижения техники позволяют создавать надежные и недорогие автономные автоматизированные микро-ГЭС, обеспечивающие получение высококачественной электроэнергии при минимальных требованиях к гидродвигателю.

В настоящем сообщении приведена методика комплексного расчета основных узлов и элементов автоматизированных микро-ГЭС на основе ВК и АСГ с автобалластной тиристорной системой фазного регулирования выходных параметров электрической энергии. Создание микро-ГЭС является комплексной задачей, связанной с исследованием диапазонов и динамики частоты вращения вала генератора применительно к возможностям ВК при различных расходах и напорах водотока.

- Комплексный расчет основных узлов и элементов микро-ГЭС включает:
- расчет и оптимизацию параметров водоналивного колеса;

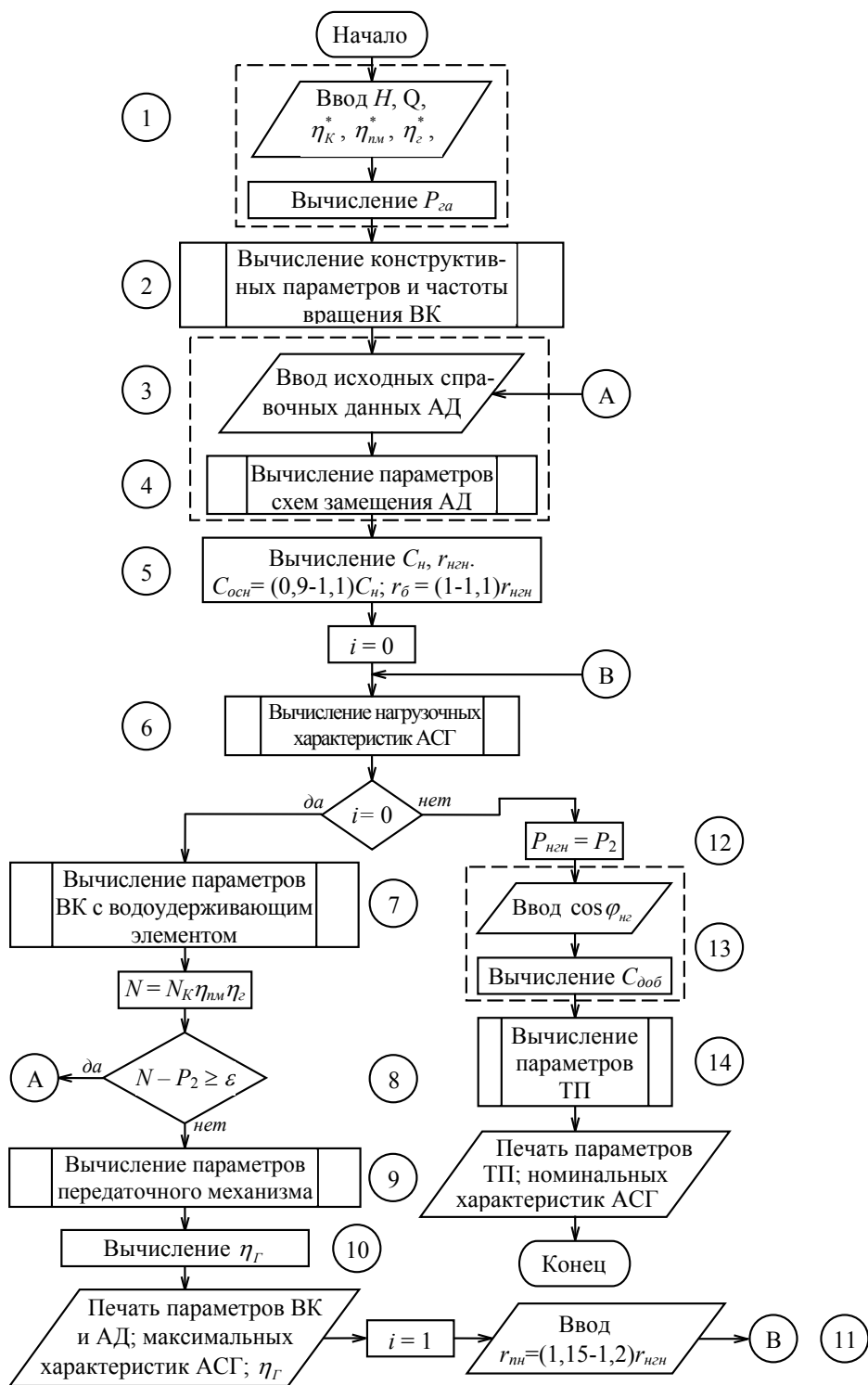
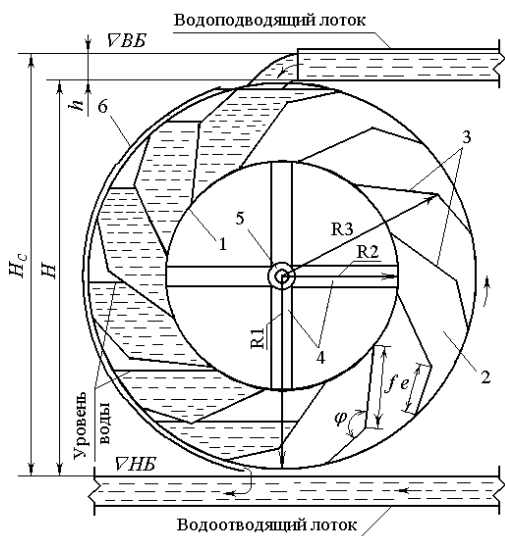


Рисунок 1 – Принципиальная блок-схема комплексного расчета основных узлов и элементов микро-ГЭС



H_c – статический напор; H – рабочий напор;
 VBB – отметка верхнего бьефа; VNB – отметка
нижнего бьефа; h – уровень воды в
водоподводящем лотке; 1 – обод; 2 – кольцевые
боковины; 3 – лопатки; 4 – спицы; 5 – ступица;
6 – водоудерживающий элемент

Рисунок 2 – Конструкция и схема
наполнения водоналивного колеса

структурные параметры ВК (R_2 , R_3 , e , f и $\angle\varphi$), ширину колеса (l), число лопаток (n) и примерную скорость его вращения колеса (n_K) (см. рисунок 2) [2].

3) По мощности P_{ca} и скорости вращения n_K выбирают серию, марку и мощность АД, который можно использовать в качестве генератора. Синхронную скорость вращения АД выбирают на основе оптимизации конструкции передаточного механизма. Для этого ориентировочно определяют передаточное число передаточного механизма, выбирают редуктор, его передаточное отношение и рассчитывают цепную передачу [2-4].

Для расчета АД используют справочные данные [5-7]: номинальные электрические и механические параметры, конструктивные данные АД.

4) Используя известные соотношения [2, 8-9], определяют параметры схем замещения АД: поправочный коэффициент (c_1), активные и индуктивные сопротивления (r_1 , x_1 , r_2' , x_2' , r_μ , x_μ).

5) Использование в качестве генератора серийного АД подразумевает равенство токов, протекающих через конденсаторы возбуждения и активную нагрузку, номинальному току машины и напряжения на зажимах статора – номинальному. Находят номинальные значения емкости основных конденсаторов возбуждения (C_n) и сопротивление активной номинальной нагрузки ($r_{нл}$). Величину емкости основных конденсаторов принимают равной в диапазоне $C_{осн} = (0,9-1,1) C_n$, а сопротивление балластной нагрузки – в диапазоне $r_\delta = (1-1,1)r_{нл}$.

6) По методике [10] определяют момент АСГ (M_σ), фазную мощность (P_2), напряжение (U_1) и ток статора (I_1), коэффициент мощности ($\cos\varphi_\sigma$), КПД (η_σ), частоту напряжения (f_1) и скольжение (s) генератора.

7) Рассчитывают параметры ВК с водоудерживающим элементом: момент колеса (M_K), его частоту вращения (ω_K), мощность (N_K) и КПД (η_K) [2].

8) Если мощности колеса и АСГ, с учетом их КПД и передаточного механизма, существенно различаются, то выбирают АД другой мощности, и расчеты (п.п. 3-7) повторяют.

- определение параметров схем замещения асинхронного двигателя;
- расчет емкости основных и дополнительных конденсаторов возбуждения;
- определение активного сопротивления балластной нагрузки;
- расчет нагрузочных характеристик АСГ;
- расчет передаточного механизма;
- расчет тиристорного преобразователя.

На рисунке 1 приведена принципиальная блок-схема, определяющая порядок расчета основных элементов микро-ГЭС. Ниже даются пояснения к блок-схеме. Порядковые номера пояснений соответствуют номерам на блок-схеме.

1) Исходными данными расчета микро-ГЭС являются рабочий напор H , расход Q участка водотока, на котором будет установлена микро-ГЭС, и ориентировочные значения коэффициентов полезного действия колеса (η_K), передаточного механизма ($\eta_{пм}$) и АСГ (η_σ). По этим данным определяют примерную электрическую мощность (P_{ca}) на зажимах генератора [1, 2].

В блок-схеме ε – точность расчета.

2) По рабочему напору H определяют внешний радиус ВК (R_1). Рассчитывают кон-

9) По найденным значениям скоростей вращения колеса (ω_K) и ротора АСГ (ω_p) определяют отношение передаточного механизма, выбирают типоразмер, передаточное отношение и вариант сборки редуктора, рассчитывают цепную передачу и определяют КПД передаточного механизма ($\eta_{пм}$) [3-4].

10) Находят КПД микро-ГЭС (η_r), приняв $P_{ca} = 3P_2$ [1-2].

11) Величину номинального фазного сопротивления полезной нагрузки ($r_{пн}$) принимают равной $(1,15-1,2)r_{ген}$, и повторяют расчет АСГ (блок б) при $r_{пн} = r_{пн}$ и величине $C_{осн}$.

12) Фазную мощность активной нагрузки ($P_{пн}$) принимают равной P_2 .

13) Задав коэффициентом мощности нагрузки ($\cos \varphi_{пн}$), определяют емкость добавочных конденсаторов возбуждения ($C_{доб}$) [2].

14) Используя значения r_{δ} , $C_{доб}$, частоты (f_1) и величины (U_1) напряжения, определяют параметры тиристорных регуляторов ТР1 и ТР2 тиристорного преобразователя, регулирующих напряжение на балластной нагрузке и конденсаторах добавочного блока.

Предложенная методика комплексного расчета основных узлов и элементов микро-ГЭС позволяет по напору и расходу водотока, параметрам вырабатываемой электроэнергии оптимизировать преобразование энергии воды в электроэнергию путем подбора АД, сопротивлений балластной (r_{δ}) и полезной ($r_{пн}$) нагрузок, рабочих характеристик и момента АСГ, параметров ВК. С целью стабилизации величины и частоты напряжения электроэнергии, вырабатываемой микро-ГЭС, производится расчет параметров тиристорного преобразователя.

В результате расчета определяются:

- КПД микро-ГЭС, водоналивного колеса и АСГ;
- моменты водоналивного колеса и АСГ;
- частота вращения колеса и нагрузочные характеристики АСГ.

Литература

1. Андреев А.Е., Бляшко Я.И., Елистратов В.В., Кубышкин Л.И., Кудряшова И.Г., Масликов В.И., Савин Д.М. и др. Гидроэлектростанции малой мощности: Учеб. пособие / Под Ред. Елистратова В.В. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та. – 2005. – 432 с.
2. Свит П.П., Сёмкин Б. В., Иванов В. М., Родивилина Т. Ю. Низконапорные микро-ГЭС с автобалластным регулированием. Сфера эффективного применения, расчет, проектирование и эксплуатация: монография. Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2007. – 160 с.
3. Приводы машин: справочник / В.В. Длоугий, Т.И. Муха, А.П. Цупиков, Б.В. Януш; Под общ. ред. В.В. Длоугого. – 2-е изд., перераб и доп. – Л.: Машиностроение, Ленинград. – 1982. – 383 с.
4. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. Т.2. – 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.И. Жестковой. – М.: Машиностроение. – 2001. – 920 с.
5. Тембель П.В., Герашенко Г.В. Справочник по обмоточным данным электрических машин и аппаратов. – 3-е изд., перераб. – К.: Техника. – 1981. – 480 с.
6. Петриков Л.В., Корначенко Г.Н. Асинхронные электродвигатели: Обмоточные данные. Ремонт. Модернизация / Справочник. – М.: Энергоатомиздат. – 1988. – 496 с.
7. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / А.Э. Кравчик и др. – Энергоатомиздат. – 1982.
8. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей / под ред. Л.Г. Миконянца. – 4 изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат. – 1984. – 240 с.
9. Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электрические машины. В 2 ч. Ч. 2. – Машины переменного тока. Изд. 3, перераб. Л.: Энергия. – 1973. – 648 с.
10. Свит П.П., Семкин Б.В., Иванов В.М. Расчет характеристик асинхронного генератора автономной микро-ГЭС // Ползуновский вестник. – 2006, № 4/2. – С. 410-416.

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В АТМОСФЕРЕ ТЕПЛИЦ

Бобин Н.Ю. – студент, Воробьев Р.Н. – инженер, Воробьев Н.П. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Для эффективного ведения тепличного хозяйства в теплице необходимо измерять концентрацию углекислого газа [1]. В теплицах при закрытых фрамугах или при малой кратности воздухообмена в яркие солнечные дни высокопродуктивные овощные культуры испытывают недостаток углекислого газа. В связи с интенсивным фотосинтезом растений в солнечные дни концентрация углекислого газа в теплицах может падать до 0,01% (при 0,03% CO_2 в атмосфере воздушной среды) и даже ниже. Высокая концентрация углекислого газа (свыше 0,3 %) при слишком интенсивном накоплении ассимилянтов и нарушении их оттока из листьев приводит к избыточному количеству крахмала в тканях листового аппарата, что у тепличных томатов вызывает деформацию и некрозирование листьев [2]. Установлено, что оптимальные концентрации CO_2 воздуха в теплицах находятся в пределах ниже 0,3 %. Для поддержания оптимальной концентрации CO_2 в атмосфере теплиц часто применяют способы дополнительного обогащения воздуха CO_2 . Применение автоматизированных систем контроля и подкормки CO_2 в теплицах дает прибавку урожая от 8% (томат) до 33% (на культуре огурца) [2].

Применяемые на предприятиях агропромышленного комплекса методы и средства контроля концентрации аммиака в воздухе рабочей зоны не обеспечивают надлежащий уровень производственной и экологической безопасности в связи с тем, что чувствительные элементы используемых газоанализаторов, как правило, быстро разрушаются. В связи с чем возникает проблема контроля концентрации CO_2 в атмосфере теплиц.

Авторами разработан ультразвуковой прибор для контроля углекислого газа в атмосфере теплиц. На рисунке 1 приведена экспериментальная зависимость частоты автоциркуляции (F, Гц) ультразвукового прибора для контроля углекислого газа в атмосфере теплиц от объемного процентного содержания углекислого газа (X) при температуре 293 °К (приведено также нормированное отклонение графика от линейной аппроксимации в точках измерений).

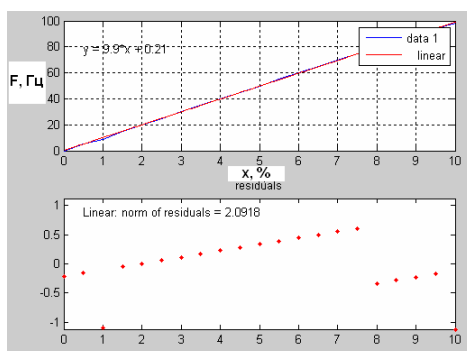


Рисунок 1 - Зависимость частоты автоциркуляции (F, Гц) ультразвукового прибора для контроля углекислого газа в атмосфере теплиц от объемного процентного содержания углекислого газа (x)

На рисунке 2 приведена характеристика стабильности во времени ультразвукового прибора для контроля углекислого газа в атмосфере теплиц.

Измерения концентраций углекислого газа были проверены шестью различными газовыми смесями с целью проверки работоспособности устройства. Изготовление газовых смесей проходило по методу частичных давлений. Точность данного метода обеспечивалась применяемыми манометрами, а также тщательностью процесса смешения. Неопределенность создания газовой смеси составляла 1%. Проводились абсолютные измерения при атмосферном давлении (750 мм. рт. ст.) и

при номинальной температуре 25 °С.

В таблице 1 приведены результаты измерений скоростей звука газовой смеси воздух – углекислый газ. Таким образом, отклонения содержат общую ошибку, образующуюся из ошибки расчетов, методической ошибки, присущей данному методу, ошибке измерительного прибора и ошибке формирования газовой смеси.

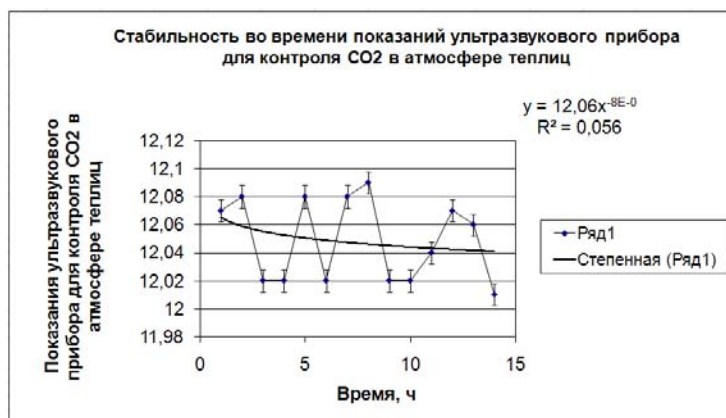


Рисунок 2 – Характеристика стабильности во времени ультразвукового прибора для контроля углекислого газа в атмосфере теплиц

Таблица 1 – Результаты измерений скоростей звука газовой смеси воздух – углекислый газ

Газовая смесь	Автоциркуляционные измерения		C ₁ , м/с	C ₂ , м/с
	(C/C _в) средние, %	(C/C _в) максимальные, %		
Воздух-CO ₂	0,82	2,8	345	270

Примечания: С – измеренная скорость звука, С_в – рассчитанная скорость звука, С₁ – скорость звука первого компонента, С₂ – скорость звука второго компонента.

Ниже приведена распечатка m-файла на тест Лиллиефорса на непротиворечие распределения генеральной совокупности значений частоты автоциркуляции (F, Гц) ультразвукового прибора для контроля углекислого газа в атмосфере теплиц от объемного процентного содержания углекислого газа (X) при температуре 293 °К. Объем выборки - 21 элемент. Графическое представление распределения выборочных значений выполнено с помощью функции histfit (рисунок 3).

```
x=[0 5 9 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 79 84 89 94 98];
H=lillietest(x)
H =
    0
histfit(x,21)
grid on
```

Приведена также распечатка m-файла для расчета значений и доверительных интервалов зависимой переменной однофакторной регрессионной полиномиальной модели произвольного порядка для частоты автоциркуляции (F, Гц) ультразвукового прибора для контроля углекислого газа в атмосфере теплиц от объемного процентного содержания углекислого газа (X) при температуре 293 °К. Построение значений линейной модели и их 95% доверительных интервалов осуществлено функцией plot (рисунок 4).

```
x=[0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 7.5 8 8.5 9 9.5 10];
y=[0 5 9 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 79 84 89 94 98];
[p S]=polyfit(x,y,1)
X=[0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 7.5 8 8.5 9 9.5 10];
alpha=0.05;
[Y,DELTA]=polyconf(p,X,S,alpha)
Y_min=Y-DELTA;
Y_max=Y+DELTA;
f=p(1)*X+p(2);
plot(X,Y,'+',X,Y_min,X,Y_max,x,y,'o',X,f)
grid on
```

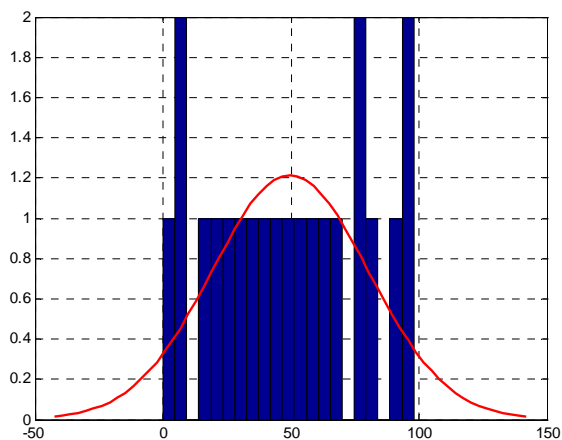



Рисунок 3 - Графическое представление распределения выборочных значений частоты автоциркуляции (F, Гц) ультразвукового прибора для контроля углекислого газа в атмосфере теплиц от объемного процентного содержания углекислого газа (X) при температуре 293 °К

В результате экспериментальных исследований прибора для контроля углекислого газа в атмосфере теплиц диапазон изменения значений параметра: X_{\min} - нижнее значение, составило 0,1 % об., X_{\max} - верхнее значение, составило 10 % об., погрешность измерения параметра d_p составила $\pm 0,1$ % об. при доверительной вероятности P, равной 95 %. Разработанный ультразвуковой прибор для контроля углекислого газа в атмосфере теплиц позволит обеспечить эффективное ведение тепличного хозяйства.

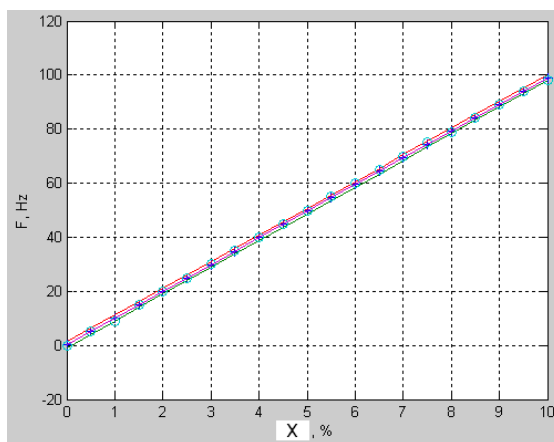


Рисунок 4 - Построение значений линейной модели и их 95% доверительных интервалов для частоты автоциркуляции (F, Гц) прибора для контроля углекислого газа в атмосфере теплиц от объемного процентного содержания углекислого газа (X) при температуре 293 °К (оси совпадают с осями по рисунку 1)

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Бородин И.Ф. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов / И.Ф. Бородин, Н.И. Кирилин. – М.: Колос, 1977. – 328 с.
2. Механизация и автоматизация работ в защищенном грунте/ В.Н. Судаченко и др. – Л.: Колос, Л. О. 1982. – 223 с.

КАНАЛ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИНДИКАТОРА НАЛИЧИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Недилько И.В. – аспирант, Воробьев Н.П. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Известны устройства для измерения скорости ультразвука [1], [2], [3] и другие, общий недостаток которых в низкой помехоустойчивости, что крайне неблагоприятно сказывается при контроле воздушной среды животноводческих помещений. С целью преодоления указанного недостатка нами использовано устройство для определения скорости ультразвука [4]. На рисунке 1 представлена его структурная схема, на рисунке 2 – принципиальная электрическая схема выполнения интегрирующего видеодетектора, управляемого сопротивлением и взаимосвязей между ними, на рисунке 3 – временные диаграммы изменения напряжения на емкости интегрирующего видеодетектора.

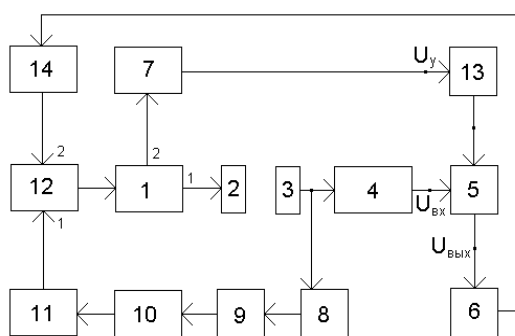


Рисунок 1 - Структурная схема устройства для определения скорости ультразвука

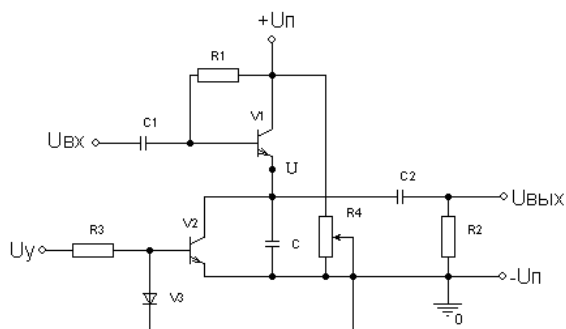


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема блока интегрирующего видеодетектора, блока управляемого сопротивления и взаимосвязей между ними

пороговый уровень фиксации импульса $U(R)$ относительно оси t , T – период автоциркуляции, соответствующий оси t , T_1 – период автоциркуляции, соответствующий оси t_1 , T' – период автоциркуляции, не охваченный интегрирующим действием интегрирующего видеодетектора (соответствует работе [3] - импульс U' , при этом $U_{ш}$ – среднеквадратичное напряжение шу-

На рисунке 2 под $U_{ВЫХ}$ и $U_{ВХ}$ обозначены соответственно выход интегрирующего видеодетектора и его первый вход. На рисунке 3 обозначены элементы, образующие интегрирующий видеодетектор: $V1$ – транзистор, C – емкость интегрирующего видеодетектора, $C1$ и $C2$ – конденсаторы разделительные, $R1$ и $R2$ – соответственно базовое и нагрузочное сопротивления, а также: $U_{п}$ – напряжение питания, $U_{ВХ}$ и $U_{ВЫХ}$ – соответственно вход и выход интегрирующего видеодетектора.

На рисунке 2 роль сопротивления, подключенного параллельно к C , то есть включенного в цепь эмиттера транзистора $V1$, выполняет сопротивление между коллектором и эмиттером транзистора $V2$, образующего вместе с базовым сопротивлением $R3$, диодом $V3$ и переменным сопротивлением $R4$ управляемое сопротивление.

На рисунке 3 обозначены: U – ось напряжений в различных режимах работы интегрирующего видеодетектора, t_1 и t – оси времени, причем масштаб оси t_1 не равен масштабу оси t , U_d – амплитудное напряжение на интегрирующем видеодетекторе, U_{m1} –

мов на нагрузке видеодетектора).

Обратная пропорциональность постоянной RC времени видеодетектора частоте автоциркуляции в устройстве по рисунку 1 следует из выражения для $U(t)$ по рисунку 3

$$U(t) = U_d e^{-\frac{t}{RC}}, \quad (1)$$

где t – текущее время, R – сопротивление нагрузки видеодетектора (принимая равным сопротивлению между коллектором и эмиттером транзистора V2 по рисунку 2), C – емкость интегрирующего видеодетектора (обозначена на рисунке 2).

Положим, что в пределах каждого периода автоциркуляции величина текущего времени t не превышает периода T автоциркуляции, тогда согласно (1) имеем

$$U(t) = U_d e^{-\frac{T}{RC}}. \quad (2)$$

Исходя из необходимости подавления шумов к моменту прихода следующего синхроимпульса за счет интегрирующих свойств видеодетектора, можно записать

$$e^{-\frac{T}{RC}} = \frac{U_{ш}}{U_d}, \quad (3)$$

или, переходя к нормальной форме представления соотношения сигнал/шум, можно записать

$$e^{\frac{T}{RC}} = \frac{U_d}{U_{ш}}. \quad (4)$$

Логарифмируя обе части полученного выражения, имеем

$$\ln e^{\frac{T}{RC}} = \ln \frac{U_d}{U_{ш}}, \quad (5)$$

откуда

$$\frac{T}{RC} = \ln \frac{U_d}{U_{ш}} \quad (6)$$

и величина постоянной времени нагрузки интегрирующего видеодетектора определится следующим образом

$$RC = \frac{T}{\ln \frac{U_d}{U_{ш}}} = \frac{1}{F \ln \frac{U_d}{U_{ш}}}, \quad (7)$$

что обуславливает необходимость установления обратно пропорциональной зависимости между постоянной времени нагрузки интегрирующего видеодетектора и частотой автоциркуляции, а также необходимость обеспечения постоянства соотношения сигнал/шум. Естественно, что при этом шунтирующее действие величины R_2 на R должно быть минимально, то есть величина R_2 (рисунок 2) должна на порядок и более превосходить некоторое максимальное значение R_{\max} , которое, в свою очередь, с целью обеспечения автозапуска синхрокольца, должно устанавливаться элементами R_4 и R_3 на уровне, определяемом соотношением

$$R_{\max} = \frac{1}{F_{\min} C \ln \frac{U_d}{U_{ш}}}, \quad (8)$$

где F_{\min} – минимально возможная частота автоциркуляции.

Аналогично можно записать и выражение для R_2 и R_{\max}

$$R_2 \geq 10R_{\max}. \quad (9)$$

Это обусловлено тем, что питание базовой цепи транзистора V2 осуществляется через R_4 и V3 только до момента времени, пока не появится на аналоговом выходе блока 7 напряжение, превышающее по величине напряжение, создаваемое на базе транзистора V2 цепоч-

кой R4 и V3. В дальнейшем диод V3 заперется и управление транзистором V2 осуществляется исключительно напряжением с аналогового выхода блока 7. То есть, элементы R4 и V3 участвуют в работе устройства только в момент его запуска и время этого участия определяется быстродействием (емкостью) счетчика импульсов и частотой автоциркуляции сигнала. Иллюстрацией к оптимизации времени интегрирования потенциального уровня привязки к переднему фронту принятого импульса может служить форма импульса $U(t)$ по рисунку 3, интегрирующее действие которого распространяется на весь период T автоциркуляции, что увеличивает помехозащищенность измерений и повышает их точность. Количественную оценку степени повышения точности за счет снижения порогового уровня фиксации первого ультразвукового импульса можно провести по [5] для отношения дисперсии σ_1^2 оценки временного положения импульса при флуктуации амплитуды сигнала к дисперсии σ^2 оценки временного положения импульса при известной и постоянной амплитуде сигнала

$$\frac{\sigma_1^2}{\sigma^2} = \frac{U_m^2}{U_{ш}^2} \left[\frac{1}{1-\gamma} - \frac{\ln^2\left(\frac{1+\gamma}{1-\gamma}\right)}{4\gamma^2} \right] + 1, \quad (10)$$

где

$$\gamma = \frac{\Delta}{2U_d} \quad (11)$$

где γ - относительная величина интервала флуктуаций амплитуды сигнала, Δ - величина интервала.

Полагая, что флуктуации амплитуды равны $\pm 10\%$ ($\gamma=0,1$) и для устройства [3] пороговое напряжение в 10 раз превышает среднеквадратичное напряжение шумов ($U_m=10U_{ш}$), а для предложенного устройства $U_m=2U_{ш}$, при подстановке упомянутых значений в формулу (10) имеем 100%-ное увеличение дисперсии измерения временного положения принятого импульса для известного способа и 4%-ное увеличение дисперсии для предложенного способа. Таким образом, в предложенном устройстве имеет место дополнительное уменьшение дисперсии измерения временного положения принятого импульса примерно в 25 раз, что эквивалентно увеличению точности измерений на ту же величину при принятых условиях измерений. Применение предложенного устройства в ультразвуковом индикаторе наличия вредных веществ в воздухе животноводческих помещений повышается точность и надежность разрабатываемой аппаратуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каневский З.М. Флуктуационная помеха и обнаружение импульсных радиосигналов / З.М. Каневский, М.И. Финкельштейн. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. - 22 с.
2. Воробьев Н.П. Помехозащищенные частотно-импульсные измерители скорости ультразвука // Актуальные проблемы энергетики и электрификации: тр. кафедры электрификации народного хозяйства АлтГТУ. Вып. 2. - Барнаул, 1993. - С.182-193.
3. Носов В. А. Проектирование ультразвуковой измерительной аппаратуры. - М.: Машиностроение, 1972. - 288 с.
4. А.с. 883734 СССР МКИ³ G 01 N 29/00//G 01 H 5/00. Устройство для определения скорости ультразвука / Воробьев Н.П.; заявитель и патентообладатель Алт. политехн. ин-т. - № 2906904/25-10; заявл. 02.04.80; опубл. 23.11.81, Бюл. № 43. - 4 с.: ил.
5. Чернявский А.Ф. Статистические методы анализа случайных сигналов в ядерно-физическом эксперименте / А.Ф. Чернявский, С.В. Бекетов, А.В. Потапов. - М.: Атомиздат, 1974. - 137 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНДИКАТОРА НАЛИЧИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Недилько И.В. – аспирант, Воробьев Н.П. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Цель исследований состояла в том, чтобы экспериментально установить соответствие разработанных образцов приборов техническим требованиям на прибор и теоретическим разработкам.

Программа эксперимента:

- снятие зависимости индекса молекулярной массы воздуха от времени при действии системы коррекции.

Аппаратурное обеспечение: ДГСУ – динамическая газосмесительная установка, ротаметр РКС-1-0.25 (расход смеси 100 ± 25 мл/мин), ПГС №1 - поверочные газовые, смеси из баллонов под давлением, редуктор, вентиль точной регулировки, приспособления для поверки, термометр лабораторный 0-50 °С, комбинированный прибор Ц4317, психрометр ПВ1Б, секундомер СМ-60, побудитель расхода ПЗ.

Объем выборки: с учетом ТУ на изготовление прибора, технологических требований к максимальной скорости изменения контролируемого параметра, к диапазону его изменения и с учетом быстродействия самого прибора и инерционности газосмесительной установки определялся оптимальный объем выборки и производились измерения контролируемого параметра.

Программное обеспечение и анализ результатов:

- поскольку теоретическая функция распределения и ее параметры явно не заданы, то для проверки на непротиворечие распределения генеральной совокупности значений нормальному закону с неопределенными параметрами применялся тест Лиллиефорса [1];

- при помощи функции ($H=lillietest(x)$) возвращался результат проверки нулевой гипотезы ($H=0$); графическое представление распределения выборочных значений выполнялось с помощью функции `histfit`;

- в том же формате проводился расчет значений и доверительных интервалов зависимой переменной однофакторной регрессионной полиномиальной модели произвольного порядка для контролируемого параметра (функция $[Y,DELTA] = polyconf(p,X,S,alpha)$, где Y – значения зависимой переменной однофакторной регрессионной полиномиальной модели произвольного порядка в заданных точках X , коэффициенты регрессионной модели задаются вектором p , границы доверительного интервала $DELTA$ соответствуют уровню значимости $alpha$, доверительная вероятность определяется как $100(1-alpha)\%$, входной аргумент S рассчитывается с использованием функции `polyfit` и при расчете $DELTA$ предполагается, что отклонения значений зависимой переменной y от регрессионной модели независимы и распределены по нормальному закону с постоянной дисперсией);

Принятые допущения: возможность отказа от экспериментальных поверочных кривых, поскольку скорость звука в газе (в смеси газов) зависит от термодинамических параметров и достаточно точно и просто вычисляются.

Испытания изготовленного нами индикатора наличия вредных веществ в воздухе животноводческих помещений (аммиака, углекислого газа, сероводорода, окиси углерода, окиси азота, формальдегида и др.) показали необходимость принудительного воздушного охлаждения синхрокольцевых схем, смонтированных в эталонном и измерительном датчике. В результате испытаний получена зависимость индекса молекулярной массы воздуха от времени в диапазоне температур при действии системы коррекции (рисунок 1). Кривые по рисунку 1 снимались при постоянной относительной влажности воздуха $\varphi=35 \pm 0,5\%$.

В результате проведения комплексных испытаний в диапазоне температур $15 \div 20$ °С и относительной влажности воздуха $30 \div 100\%$ при неизменном составе воздуха

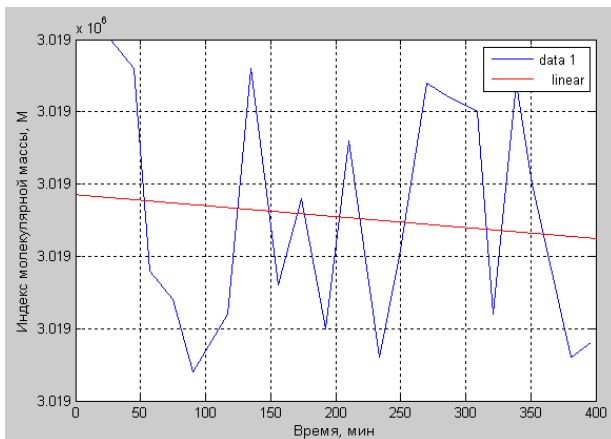


Рисунок 1 - Зависимость индекса молекулярной массы воздуха от времени в диапазоне температур 24-24,6 °С при действии системы коррекции, с линейризацией

относительная погрешность измерения средней молекулярной массы воздуха не превысила $\pm 2,7 \cdot 10^{-5}$ (с вероятностью $P=0,99$) номинального значения величины за 24 часа непрерывной работы прибора.

Ниже приведена распечатка m-файла на тест Лиллиефорса на непротиворечие распределения генеральной совокупности значений зависимости индекса молекулярной массы воздуха от времени в диапазоне температур 24-24,6 градусов Цельсия при действии системы коррекции, объем выборки - 21

элемент:

x=[3019025,3019023,3019009,3019007,3019002,3019006,3019023,3019008,3019014,3019005,3019018,3019003,3019010,3019022,3019021,3019020,3019006,3019022,3019015,3019003,3019004];

H=lillietest(x)

H =

0

histfit(x,21)

grid on

Графическое представление распределения выборочных значений выполнено с помощью функции histfit (рисунок 2).

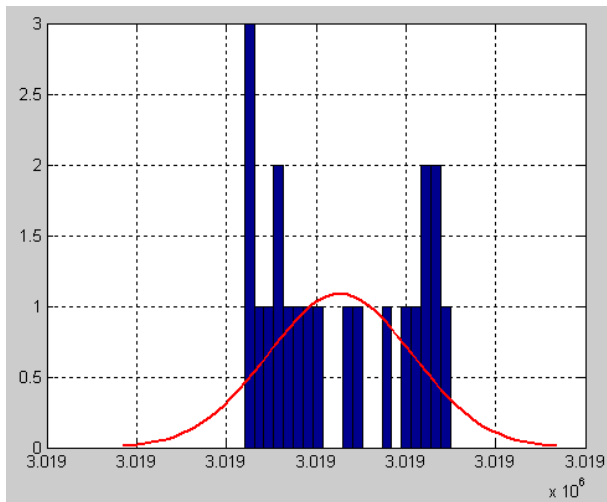


Рисунок 2 – Графическое представление распределения выборочных значений индекса молекулярной массы воздуха от времени в диапазоне температур 24-24,6 °С при действии системы коррекции

Приведена также распечатка m-файла для расчета значений и доверительных интервалов зависимой переменной однофакторной регрессионной полиномиальной модели произвольного порядка для индекса молекулярной массы воздуха от времени в диапазоне температур 24-24,6 °С при действии системы коррекции:

x=[27 45 57 75 90 117 135 156 174 192 210 234 249 270 288 309 321 339 351 381 396];

y=[3019025 3019023 3019009 3019007 3019002 3019006 3019023 3019008 3019014 3019005 3019018 3019003 3019010 3019022 3019021 3019020 3019006 3019022 3019015 3019003 3019004];

```
3019022 3019015 3019003 3019004];
```

```
[p S]=polyfit(x,y,2)
```

```
X=[27 45 57 75 90 117 135 156 174 192 210 234 249 270 288 309 321 339 351 381 396];
```

```
alpha=0.01;
```

```
[Y,DELTA]=polyconf(p,X,S,alpha)
```

```
Y_min=Y-DELTA;
```

```
Y_max=Y+DELTA;
```

```
f=p(1)*X.^2+p(2)*X+p(3);
```

```
plot(X,Y,'+',X,Y_min,X,Y_max,x,y,'o',X,f)
```

```
grid on
```

Построение значений квадратичной модели и их 99% доверительных интервалов осуществлено функцией plot (рисунок 3).

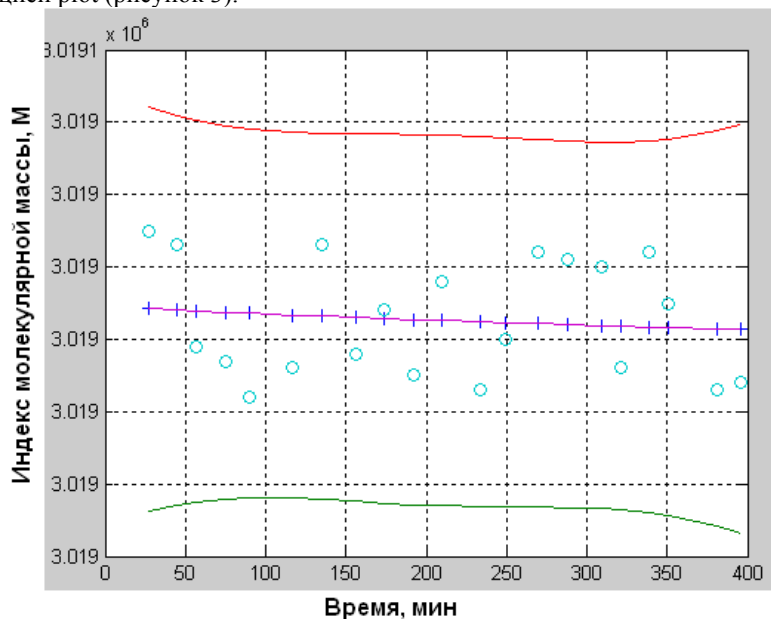


Рисунок 3 - Построение значений квадратичной модели и их 99% доверительных интервалов для индекса молекулярной массы воздуха от времени в диапазоне температур 24-24,6 °С при действии системы коррекции (оси совпадают с осями по рисунку 1)

В результате экспериментальных исследований индикатора наличия вредных веществ в воздухе животноводческих помещений диапазон изменения значений параметра: X_{\min} - нижнее значение, составило 28,75 (относительной молекулярной массы воздушной среды - о.м.м.), X_{\max} - верхнее значение, составило 29,25 о.м.м., погрешность измерения параметра d_n составила $\pm 2,7 \cdot 10^{-5}$ о.м.м. при доверительной вероятности P , равной 99 %.

Технические характеристики разработанного прибора позволяют использовать его для индикации наличия вредных веществ в воздухе животноводческих помещений в режиме интегральной псевдоселекции загрязнителей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Statistics Toolbox 5.0. Руководство пользователя. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., [2006]. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/statist/index.php>. - Загл. с экрана.

ИНДИКАТОР НАЛИЧИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Недилько И.В. - аспирант, Воробьев Н.П. - к.т.н., профессор,
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Недостатком известных технических решений в области контроля эколого-технологических параметров животноводческих помещений является высокая сложность контроля многокомпонентных газовых сред из-за обязательного привлечения дополнительной информации о других параметрах смеси и сложность автоматического определения присутствия групп возможных компонентов в среде, обуславливающая неопределенность выбора средств и методов контроля. В связи с чем нами разработано устройство для ультразвукового контроля состава газов на основе принципа интегральной псевдоселекции, описание основных блоков которого приведено ниже.

Блок для ультразвукового контроля состава газов на основе принципа интегральной псевдоселекции

Известны акустические устройства [1], которые не обеспечивают высокую точность измерения и обладают высокой сложностью контроля многокомпонентных газовых сред. Целью настоящей разработки является упрощение и автоматизация анализа многокомпонентных газовых сред. На рисунке 1 представлена блок-схема устройства которое содержит последовательно соединенные импульсный генератор 1, акустическую измерительную камеру 2 с излучающим и приемным пьезоэлементами, усилитель 3, амплитудный детектор 4, формирующий каскад 5 и частотомер 6, образующие простейшую синхрокольцевую схему, которая при конкретной реализации может быть заменена на одну из схем косвенного измерения скорости ультразвука, например [2], [3], [4], [5], [6].

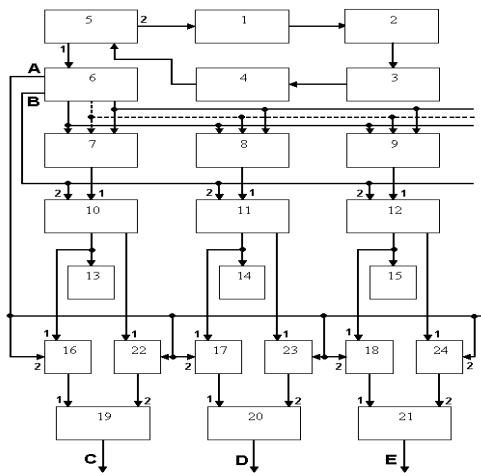


Рисунок 1 - Блок-схема устройства для ультразвукового контроля состава газов на основе принципа интегральной псевдоселекции

Блоки 7, 8, 9 – дешифраторы, число которых в общем случае равно N; 10, 11, 12 - триггеры с отдельным запуском; 13, 14, 15 - индикаторы наименований определяемых компонентов среды; 16, 17, 18 - двухходовые схемы «И»; 19, 20, 21 - дополнительные триггеры с отдельным запуском; 22, 23, 24 - дополнительные двухходовые схемы «И». На рисунке 1 также обозначены: А - выход начала интервала индикации, В - выход окончания интервала индикации, С, Д, Е - выходы дополнительных триггеров.

В процессе работы устройства устанавливается частота следования импульсов, зависящая от времени распространения ультразвука в исследуемой среде, а при постоянной акустической базе – от скорости ультразвука в среде,

а, следовательно, от молекулярной массы среды. В течение интервала счета на разрядах счетчика последовательно появляются кодовые комбинации всех чисел от нуля до некоторого максимального, представляющего собой результат счета, то есть молекулярной массы среды. Код 8421 выбран исходя из того, что это единственный однозначный двоично-десятичный код, то есть для каждого десятичного числа существует только одна соответствующая ему кодовая комбинация. В течение интервала индикации в счетчике происходит декодирование результата измерения и его индикация. В течение интервала счета электрические импульсы,

появляющиеся на разрядах счетчика, поступают на входы дешифраторов 7, 8, 9, каждый из которых предварительно настроен на селекцию числа, соответствующего максимальному изменению, например, увеличению, молекулярной массы газовой смеси, при заданных значениях концентрации определяемых компонентов среды, например, предельно допустимых концентраций газов. Таким образом, появление импульсов на выходах дешифраторов 7, 8, 9 возможно только в случае достижения или превышения каждым из трех определяемых компонентов среды (газов) заданного значения концентрации (ПДК). Индикаторы 13, 14, 15 наименований определяемых компонентов среды, позволяют узнать наименование определяемого компонента (или компонентов), а, следовательно, определить группы посторонних газов, для которых возможно достижение упомянутых значений концентраций и включить в число которых также все посторонние газы, соответствующие более низким значениям индекса молекулярной массы смеси газов.

На выходах триггеров 19, 20, 21 формируется сигнал, удобный для управления автоматическим включением и выключением соответствующих селективных средств газового контроля (газоанализаторов). По сравнению с газоанализатором УНИХИМ [7] или аналогичным газоанализатором типа ГЗ-У4 [8] разработанное устройство существенно упрощает контроль многокомпонентных газовых сред.

Блок для определения скорости ультразвука с возведением в квадрат отношения скоростей звука в измерительном и эталонном каналах

Известны устройства для измерения скорости ультразвука [9], [10], недостаток которых в нелинейности измерения молекулярной массы газов или концентрации газовой смеси, а также в низкой помехозащищенности и точности измерений из-за чувствительности прибора к шумовым помехам. Цель разработки [11] - увеличение точности измерений при анализе состава газов путем линейной зависимости результата измерения от молекулярной массы газов. На рисунке 4.2 представлена блок-схема разработанного устройства. В процессе работы устройства на вторых выходах счетчика 21 формируются коды K' , соответствующие отношению

$$K' = \frac{C_{\text{э}}}{C_{\text{к}}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{э}}$ — скорость звука в эталонном канале;
 $C_{\text{к}}$ — скорость звука в контролируемом канале.

Аналогично на вторых выходах счетчика 1 формируются коды K , соответствующие отношению

$$K = \frac{C_{\text{к}}}{C_{\text{э}}}, \quad (2)$$

На первом выходе счетчика 19 появляются импульсы с частотой F' следования, равной

$$F' = \frac{C_{\text{э}}}{C_{\text{к}}}, \quad (3)$$

а на первом выходе счетчика 15 появляются импульсы с частотой F следования, равной

$$F = \frac{C_{\text{к}}}{C_{\text{э}}}. \quad (4)$$

Обе частоты поступают на вход счетчика, образованного блоками 16, 17, 20. В результате на дополнительном счетчике 17 импульсов, формируется число, равное

$$N = \frac{C_{\text{к}}^2}{C_{\text{э}}^2}. \quad (5)$$

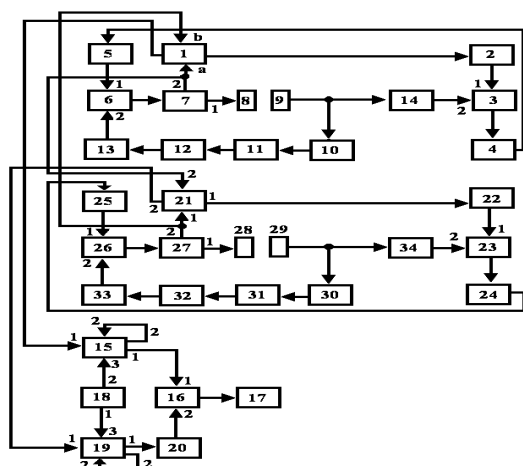


Рисунок 4.2 – Блок-схема устройства для определения скорости ультразвука

Таким образом, результатом оказывается линейным от молекулярной массы газов или концентрации газовой смеси, что увеличивает точность измерений.

Наиболее эффективно применение предложенного устройства в качестве индикатора наличия вредных веществ в воздухе животноводческих помещений.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Носов В. А. Проектирование ультразвуковой измерительной аппаратуры. – М.: Машиностроение, 1972. – 288 с.
2. Пат. 2060474 Российская Федерация, МПК⁷ G 01 N 5/00. Способ определения скорости ультразвука / Воробьев Н.П., Воронцова Г.В.; заявитель и патентообладатель Алт. гос. техн. ун-т. - № 93032530/28; заявл. 22.08.93; опубл. 20.05.96, Бюл. № 14, – 4 с.: ил.
3. Пат. 2104503 Российская Федерация, МПК⁷ G 01 N 5/00. Способ определения скорости ультразвука / Воробьев Н.П., Дураков Е.И.; заявитель и патентообладатель Алт. гос. техн. ун-т. - № 93032554/28; заявл. 22.06.93; опубл. 10.02.98, Бюл. № 4, – 6 с.: ил.
4. А.с. 894551 СССР МКИ³ G 01 N 29/00. Способ определения скорости ультразвука / Воробьев Н.П.; заявитель и патентообладатель Алт. политехн. ин-т. - № 2788778/18-28; заявл. 02.07.79; опубл. 30.12.81, Бюл. № 48, – 4 с.: ил.
5. А.с. 1617303 СССР МКИ⁵ G 01 N 5/00. Устройство для измерения скорости ультразвука / Воробьев Н.П., Таскин В.А., Гребенюк В.В.; заявитель и патентообладатель Алт. политехн. ин-т. - № 4600073/25-28; заявл. 31.10.88; опубл. 30.12.90, Бюл. № 48, – 3 с.: ил.
6. А.с. 1649300 СССР МКИ⁵ G 01 N 5/00. Устройство для измерения скорости ультразвука / Воробьев Н.П., Гребенюк В.В., Петанин А.В.; заявитель и патентообладатель Алт. политехн. ин-т. - № 4483494/28; заявл. 19.09.89; опубл. 15.05.91 Бюл. № 18, – 4 с.: ил.
8. Автоматическое регулирование и контрольно-измерительные приборы в промышленности основной химии / ред. В.С. Шермана. - Л.: Химия, 1975. – 337 с.
7. Щербань А.Н. Автоматизированные системы контроля загрязненности воздуха / А.Н. Щербань, А.В. Примак, В.И. Копейкин - К.: Техника, 1978. – 230 с.
9. А.с. 879439 СССР МКИ³ G 01 N 29/00. Способ измерения скорости ультразвука и устройство для его реализации / Воробьев Н.П.; заявитель и патентообладатель Алт. политехн. ин-т. - № 2788782/18-28; заявл. 03.07.79; опубл. 07.11.81, Бюл. № 41, – 5 с.: ил.
10. А.с. 883734 СССР МКИ³ G 01 N 29/00/G 01 N 5/00. Устройство для определения скорости ультразвука / Воробьев Н.П.; заявитель и патентообладатель Алт. политехн. ин-т. - № 2906904/25-10; заявл. 02.04.80; опубл. 23.11.81, Бюл. № 43, – 4 с.: ил.
11. А.с. 1582111 СССР МКИ⁵ G 01 N 29/00. Устройство для определения скорости ультразвука / Воробьев Н.П., Гребенюк В.В.; заявитель и патентообладатель Алт. политехн. ин-т. - № 883734/25-28; заявл. 19.09.88; опубл. 30.07.90, Бюл. № 28, – 4 с.: ил.

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ КОНЦЕНТРАЦИИ АММИАКА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Недилько И.В. - аспирант, Воробьев Н.П. - к.т.н., профессор, Никольский О.К. - д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Содержание аммиака более 0,003% по объему вредно влияет на животных: приводит к одышке, воспалению легких, поражению глаз, ослаблению организма, судорогам, обморочному состоянию, параличу дыхательного центра и даже к смерти [1]. При концентрации выше ПДК рабочей зоны аммиак отрицательно влияет на трудоспособность и здоровье обслуживающего персонала. Предельная допустимая концентрация аммиака в воздухе производственных помещений составляет 20 мг/м³. Концентрацию аммиака в воздухе производственных помещений определяют экспресс-методом с помощью газоанализаторов УГ-2 или УГ-1, который длится 3...4 минуты и предполагает использование индикаторных порошков и спецоборудования. Применяемые на предприятиях агропромышленного комплекса методы и средства контроля концентрации аммиака в воздухе рабочей зоны не обеспечивают надлежащий уровень производственной и экологической безопасности в связи с тем, что чувствительные элементы используемых газоанализаторов, как правило, быстро разрушаются.

Авторами предложено решение задачи автоматизации контроля воздуха рабочей зоны в животноводческих помещениях посредством использования физического (акустического) метода на основе разработанного нами принципа интегральной псевдоселективности [2, 3, 4], суть которого состоит в следующем. Атмосферный воздух при отсутствии загрязнителей является устойчивой системой [5], которую можно рассматривать как один газовый компонент, а при наличии примесей - как псевдобинарную газовую смесь. В этом случае целесообразно рассматривать все возможные загрязнители (аммиак, углекислый газ, кислород, сероводород, окись углерода, окись азота, формальдегид и др.) как множество Z , с каждым элементом которого необходимо поставить в соответствие некоторый физически реализуемый критерий K , характерный для всех газообразных веществ [2]. Тогда выражение

$$X(K) \in Z \quad (1)$$

обозначает принадлежность загрязнителей или их группы X , обладающих критерием K , всему множеству Z . В соответствии с методом экспертных оценок теории систем [6] произведем упорядочивание загрязнителей, для чего за предпочтительные примем предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ и используем их в качестве критерия идентификации наряду с K . Это позволяет поставить те же загрязнители в соответствие тому же множеству Z , но упорядоченному по критериям K и ПДК, то есть множеству Z'

$$X(K, ПДК) \in Z' \in Z. \quad (2)$$

Таким образом, по мере увеличения обобщенного критерия (K и ПДК), множество Z' , первоначально включающее единицы загрязнителей, в силу своей упорядоченности вливается во множество Z до полного совпадения с ним, что эквивалентно интегральной идентификации компонентов газообразных сред, осуществляемой на основе физического (K) и нефизического (ПДК) критериев идентификации и упорядоченного по этим критериям множества Z' . Ввиду того, что ПДК вредных газов достаточно малы, в качестве критерия следует принять некоторую фундаментальную характеристику вещества, которой может служить молекулярная масса газа. Молекулярная масса M_{CM} псевдобинарной смеси воздуха и вредных газов на основе известного соотношения

$$M_{CM} = x_i M_i + (1 - x_i) M_0 \quad (3)$$

может быть преобразована к виду

$$M_{CM} = M_0 + x_i (M_i - M_0), \quad (4)$$

где M_0 - молекулярная масса сухого атмосферного воздуха, M_i - молекулярная масса загрязнителя, x_i - концентрация загрязнителя (в частях по объему).

Выражение для предельной абсолютной погрешности определения молекулярной массы смеси воздуха и вредных газов определится в виде:

$$\Delta M_{CM} = (1 - x_i) \Delta M_0 + (M_i - M_0) \Delta x_i \quad (5)$$

где ΔM_0 - абсолютная погрешность определения молекулярной массы сухого воздуха,

Δx_i - абсолютная погрешность определения концентрации загрязнителя.

Из уравнения (5) следует, что при малых x_i и величине разности $(M_i - M_0) < 1$ удельное значение абсолютной погрешности Δx_i резко падает в определении ΔM_{CM} , а при малых x_i и $(M_i - M_0) > 1$ абсолютная погрешность определения ΔM_{CM} будет в основном характеризоваться величиной ΔM_0 . Определяя предельную относительную погрешность измерения M_{CM} , имеем погрешность $\sigma_{M_{CM}}$ в диапазоне изменения M_0 вида:

$$\sigma_{M_{CM}} = \frac{\Delta M_{CM}}{M_{CM}} = \frac{\Delta M_0}{M_0} + \frac{\Delta x_i}{x_i}, \quad (6)$$

где $\frac{\Delta M_{CM}}{M_{CM}}$; $\frac{\Delta M_0}{M_0}$; $\frac{\Delta x_i}{x_i}$ - относительные погрешности обозначенных величин.

Поскольку максимальное значение отклонения M_0 от номинального значения вследствие естественных флуктуаций концентраций компонентов сухого атмосферного воздуха равно ΔM_0 , то после несложных расчетов значение $\Delta M_0 / M_0$ характеризуется величиной порядка $3,55 \cdot 10^{-5}$ с вероятностью 100 % и величиной порядка $1 \cdot 10^{-5}$ с вероятностью 68 % [2]. Следовательно, можно ожидать, что с такой же относительной погрешностью, в принципе, может быть определена концентрация загрязнителя воздушной среды по измерению M_{CM} , чем оправдывается выбор молекулярной массы газовой смеси в качестве критерия К при реализации интегральной идентификации ингредиентов газовых сред.

Измерение молекулярной массы газовой смеси может быть произведено различными способами анализа бинарных смесей. В частности, оно довольно просто осуществимо акустическими методами по измерению скорости распространения ультразвуковых или звуковых колебаний. Один из таких измерителей молекулярной массы газов подробно описан в работе [7]. Там же показана возможность получения отсчета, пропорционального молекулярной массе газовой смеси с коррекцией температурной зависимости и влажности, а также возможность получения прямого цифрового отсчета значений молекулярной массы с высокой точностью (до шестого достоверного десятичного знака), что вполне соответствует приведенным выше оценкам в отношении стабильности молекулярной массы сухого атмосферного воздуха, не загрязненного вредными веществами.

Для выявления вредных веществ, подпадающих под действие алгоритма идентификации, на основании изложенного с учетом соотношения (4) можно записать выражение

$$x_i (M_i - M_0) M_0^{-1} \geq 1 \cdot 10^{-5}. \quad (7)$$

После подстановки значения $M_0 = 28,996$ в формулу (7) и перехода от концентрации x_i к концентрациям в $\text{мг}/\text{м}^3$, то есть к ПДК, имеем

$$\frac{10^{-3} \cdot \text{ПДК} \cdot 22,4}{10 M_i} \left(\frac{M_i - 28,996}{28,996} \right) \geq 1 \cdot 10^{-3}, \quad (8)$$

Откуда в окончательном виде соотношение для выявления в воздухе вредных веществ, обладающих значением ПДК и M_i и подпадающих под действие алгоритма идентификации, имеет вид

$$\text{ПДК} \cdot \left(1 - \frac{28,996}{M_i} \right) \geq 12,563. \quad (9)$$

Для составления соответствия между значениями молекулярной массы смеси воздуха и вредных газов и наименованиями групп вредных веществ, для которых возможно превышение ПДК или некоторого порогового уровня концентрации, можно воспользоваться форму-

лой (4), введя в нее, как и в формуле (8), вместо x_i значение ПДК по формуле пересчета концентраций [135]. При этом имеем

$$M_{CM} = 28,996 + 0,0000224 \cdot ПДК \cdot \left(1 - \frac{28,996}{M_i}\right). \quad (10)$$

На рисунке 2 приведена зависимость молекулярной массы M_{CM} воздушной смеси от ПДК_{рз} мг/м³ и от молекулярной массы M_i загрязнителя (формула (10)).

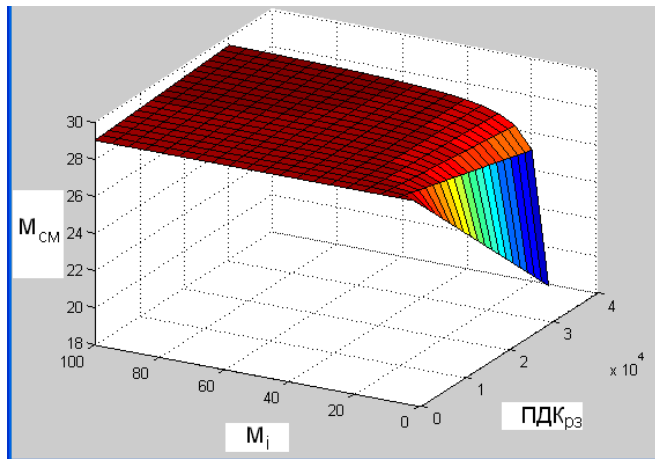


Рисунок 1 - Зависимость молекулярной массы M_{CM} воздушной смеси от ПДК_{рз} мг/м³ и от молекулярной массы M_i загрязнителя

Реализация предложенного способа анализа газообразных сред при любом уровне развития аппаратуры селективного газового анализа позволяет решить вопрос о том, какие вредные вещества нужно контролировать и какие не нужно контролировать, а, следовательно, какими селективными газоанализаторами оснащать животноводческие помещения. Это позволит минимизировать затраты на их оснащение и снизить эксплуатационные расходы

на обеспечение контроля концентрации аммиака (и других вредных газов) в животноводческих помещениях.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Голосов И.М. и др. Гигиена содержания свиней на фермах и комплексах / И.М. Голосов, А.Ф. Кузнецов, Р.С. Гольдинштейн. – Л.: Колос, Ленингр. Отд-ние, 1982. – 216 с.
2. Воробьев, Н.П. Исследование и разработка ультразвукового псевдоселективного измерителя уровня загрязненности воздуха для автоматизированной системы контроля : дис. ... канд. техн. наук: 05.02.11 : защищена 22.11.79 : утв. 01.04.80 / Воробьев Николай Павлович. - Томск, 1980 - 242 с. – Библиогр.: с. 235-240.
3. Воробьев Н.П. О задачах контроля воздушной среды и способе их оптимизации // Научно-организационные и прикладные вопросы охраны окружающей среды в Алтайском крае: тезисы докладов к конференции. - Барнаул, 1980. - С. 156-158.
4. Воробьев Н.П. Алгоритмическая интерпретация интегральной идентификации газовых ингредиентов воздушной среды // Научно-организационные и прикладные вопросы охраны окружающей среды в Алтайском крае: тезисы докладов к конференции. - Барнаул, 1980. - С. 162-166.
5. Таблицы физических величин: справочник / ред. акад. И.К. Кикоина. – М.: Атомиздат, 1976. – 1008 с.
6. Березин Л.В. Теория и проектирование радиосистем: учебн. пособие для вузов / Л.В. Березин, В.А. Вейцель., ред. В.Н. Типугина. – М.: Советское радио, 1977. – 448 с.
7. Новицкий П.В. Цифровые приборы с частотными датчиками / П.В. Новицкий, В.Г. Кнорринг, В.С. Гутников. – Л.: Энергия, 1970. – 424 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ АММИАКА В ВОЗДУХЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Шуклин А.В. - студент, Недилько И.В. - аспирант, Воробьев Н.П. - к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Применяемые на предприятиях агропромышленного комплекса методы и средства контроля концентрации аммиака в воздухе рабочей зоны не обеспечивают надлежащий уровень производственной и экологической безопасности в связи с тем, что чувствительные элементы используемых газоанализаторов, как правило, быстро разрушаются.

Авторами разработана автоматизированная система контроля концентрации аммиака в воздухе животноводческих помещений, свободная от упомянутых недостатков [1]. В ее состав входят ультразвуковой прибор для контроля концентрации аммиака в воздухе животноводческих помещений и электронный коммутатор измерительных каналов, обеспечивающие контроль до 16 зон животноводческих помещений.

На рисунке 1 приведены результаты испытаний ультразвукового прибора для контроля концентрации аммиака в воздухе животноводческих помещений (приведено также нормированное отклонение графика от линейной аппроксимации в точках измерений, время изменения содержания аммиака в воздухе – 60 с). Проведен тест Лиллиефорса на непротиворечие распределения генеральной совокупности значений концентрации аммиака в воздухе животноводческих помещений нормальному закону распределения по выборочным значениям (x). Объем выборки - 6 элементов. Функция (N=lillietest(x)) возвращает результат проверки нулевой гипотезы. Графическое представление распределения выборочных значений выполняется с помощью функции histfit (рисунок 2).

```
x=[0 1e-6 2e-6 2.5e-6 3.5e-6 4.5e-6];
```

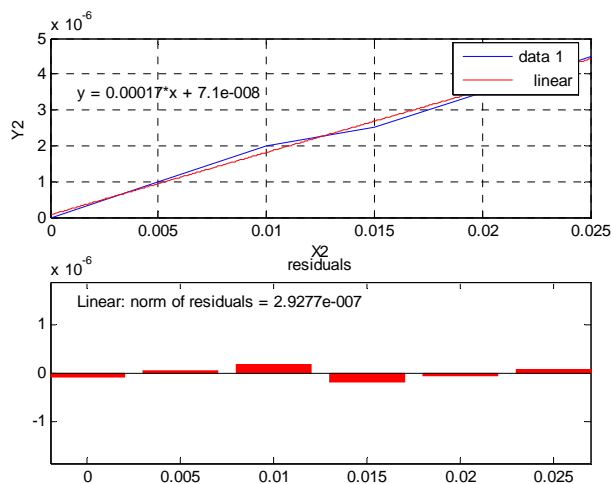
```
N=lillietest(x)
```

```
N =
```

```
0
```

```
histfit(x,6)
```

```
grid on
```



по оси Y2 – относительное приращение скорости ультразвука от содержания аммиака в воздухе (ось X2, в г/м³) при температуре 293 °К.

Рисунок 1 – Результаты испытаний ультразвукового прибора для контроля концентрации аммиака в воздухе животноводческих помещений

В том же формате проведен расчет значений и доверительных интервалов зависимой переменной однофакторной регрессионной полиномиальной модели произвольного порядка для

концентрации аммиака в воздухе животноводческих помещений. $[Y, DELTA] = \text{polyconf}(p, X, S, \alpha)$ функция позволяет рассчитать значения зависимой переменной Y однофакторной регрессионной полиномиальной модели произвольного порядка в заданных точках X . Коэффициенты регрессионной модели задаются вектором p . Границы доверительного интервала $DELTA$ соответствуют уровню значимости α . Доверительная вероятность определяется как $100(1-\alpha)\%$. Входной аргумент S рассчитывается с использованием функции polyfit . При расчете $DELTA$ предполагается, что отклонения значений зависимой переменной y от регрессионной модели независимы и распределены по нормальному закону с постоянной дисперсией. Построение значений линейной модели и их 99% доверительных интервалов осуществляется функцией plot (рисунок 3).

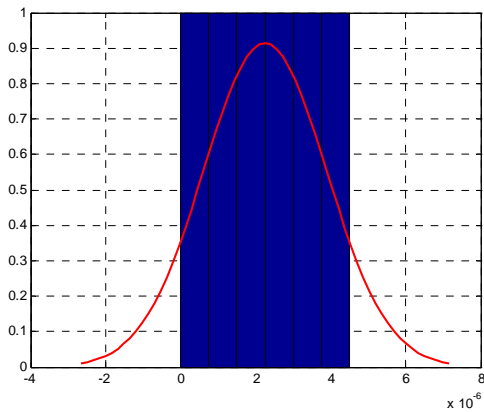


Рисунок 2 - Графическое представление распределения выборочных значений концентрации аммиака в воздухе животноводческих помещений

центрации по оси абсцисс) соответствует предельно допустимому содержанию аммиака в воздухе рабочей зоны ($0,02 \text{ г/м}^3$) и определен по времени изменения содержания аммиака в воздухе, поскольку оно одинаково для рисунка 1 и для рисунка 4 и составляет 60 с, а линей-

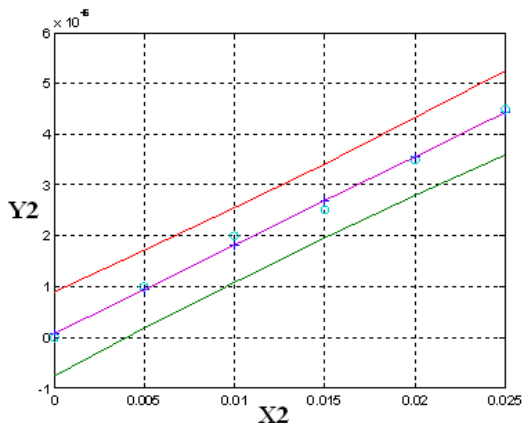


Рисунок 3 - Построение значений линейной модели и их 99% доверительных интервалов для концентрации аммиака в воздухе животноводческих помещений (оси совпадают с осями по рисунку 1)

```
x=[0 0.005 0.01 0.015 0.02 0.025];
y=[0 1e-6 2e-6 2.5e-6 3.5e-6 4.5e-6];
[p S]=polyfit(x,y,1)
X=[0 0.005 0.01 0.015 0.02 0.025];
alpha=0.01;
[Y,DELTA]=polyconf(p,X,S,alpha)
Y_min=Y-DELTA;
Y_max=Y+DELTA;
f=p(1)*X+p(2);
plot(X,Y,'+',X,Y_min,X,Y_max,x,y,'o',X,f)
grid on
```

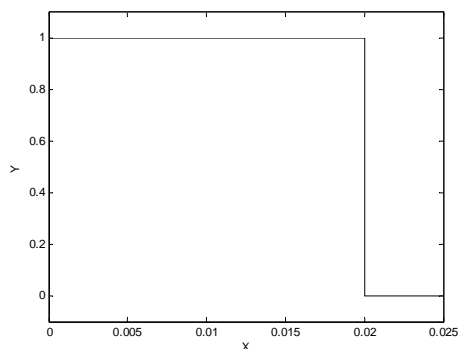
На рисунке 4 приведены результаты испытаний электронного коммутатора измерительных каналов. Момент перехода логических сигналов из «1» в «0» на выходе электронного коммутатора измерительных каналов (и, соответственно, численное значение кон-

центрации по оси абсцисс) соответствует предельно допустимому содержанию аммиака в воздухе рабочей зоны ($0,02 \text{ г/м}^3$) и определен по времени изменения содержания аммиака в воздухе, поскольку оно одинаково для рисунка 1 и для рисунка 4 и составляет 60 с, а линей-

ность изменения показаний прибора высока (рисунок 1). Дискретность съема показаний максимального значения составила 20% от максимального значения (рисунок 1), поэтому логично утверждать, что методическая составляющая погрешности определения предельно допустимой концентрации аммиака в воздухе газосигнализатора составляет $\pm 10\%$. При увеличении времени изменения содержания аммиака в воздухе до 900 с (до того же максимального значения концентрации) скачка логических сигналов не наблюдалось. Внешний вид прибора приведен на рисунке 5 (с комплектом ультразвуковых преобразователей и блоком выносных усилителей).

На рисунке 6 приведен второй

вариант выполнения ультразвуковых преобразователей прибора для контроля концентрации аммиака в воздухе животноводческих помещений. Внешний вид электронного коммутатора измерительных каналов приведен на рисунке 7.



X - содержание аммиака в воздухе (в г/м³) при температуре 293 °К, Y – логические сигналы на выходе электронного коммутатора измерительных каналов
Рисунок 4 - Результаты испытаний электронного коммутатора измерительных каналов



Рисунок 5 – Внешний вид ультразвукового прибора для контроля концентрации аммиака в воздухе животноводческих помещений



Рисунок 6 – Второй вариант выполнения ультразвуковых преобразователей прибора

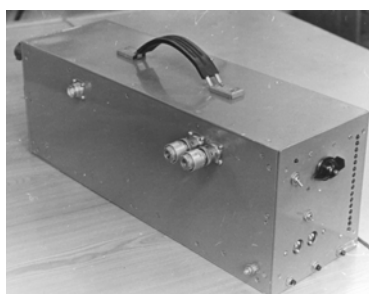


Рисунок 7 – Внешний вид электронного коммутатора измерительных каналов для контроля концентрации аммиака в воздухе животноводческих помещений

В результате экспериментальных исследований ультразвукового прибора для контроля концентрации аммиака в воздухе животноводческих помещений диапазон изменения значений параметра: X_{\min} - нижнее значение, составило 5 мг/м³, X_{\max} - верхнее значение, составило 25 мг/м³, погрешность измерения параметра d_n составила ± 4 мг/м³ при доверительной вероятности P, равной 99 %, что позволяет обеспечить надлежащий уровень производственной и экологической безопасности в воздухе животноводческих помещений.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Пат. 2104503 Российская Федерация, МПК⁷ G 01 Н 5/00. Способ определения скорости ультразвука / Воробьев Н.П., Дураков Е.И.; заявитель и патентообладатель Алт. гос. техн. ун-т. - № 93032554/28; заявл. 22.06.93; опубл. 10.02.98, Бюл. № 4. – 6 с.: ил.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ПОЖАРОВ ОТ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ НА ОСНОВЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

Сошников С.А. – аспирант

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В Алтайском государственном техническом университете разработана методика вероятностного моделирования пожаров от электроустановок зданий, учитывающая пережигающее действие дуговых коротких замыканий (к.з.) в электропроводках и предусматривающая определение коэффициентов незащищенности отдельных участков электрической сети и их совокупности (электрической сети в целом).

Для оценки степени защищенности электрической сети от пожаров определяется интегральный показатель пожарной опасности всех видов к.з., который используется в качестве критерия при выборе эффективной системы электрической защиты.

Снижение пожарной опасности к.з. возможно за счет изменения структуры и параметров электрической защиты (предохранителей, автоматических выключателей и устройств защитного отключения – УЗО) и (или) путем частичной или полной замены электропроводки (материала и сечения проводов).

Выбор мероприятий производится по результатам компьютерной диагностики электрической защиты. Диагностическими параметрами при этом являются: коэффициенты незащищенности по участкам сети и сети в целом для каждого вида к.з., а также интегральный показатель пожарной опасности для всех видов к.з. без учета и с учетом использования УЗО. В результате диагностирования выявляются пожароопасные участки электрической сети и определяются направления повышения безопасности электроустановок. По интегральному критерию пожарной опасности выбирается оптимальный вариант электрической защиты и (или) системы электроснабжения с учетом экономических ограничений. Расчеты производятся с помощью программного комплекса СКЭД-380, разработанного в АлтГТУ.

По этой методике выполнены оценочные расчеты показателей пожарной опасности ряда типовых объектов: предприятий по переработке с.х. продукции, образовательных и общественных учреждений, автозаправочных станций и т.п.

Расчеты показали, что снижение пожарной опасности до 5 раз и более возможно за счет соответствующего подбора параметров автоматических выключателей и предохранителей, учитывающего действие дуговых к.з.

В то же время полное исключение пережигания электропроводки дугowymi к.з. только за счет оптимизации параметров автоматических выключателей и предохранителей в ряде случаев требует многократного увеличения сечений проводов и неприемлемо по экономическим соображениям. Поэтому системы безопасности электроустановок должны предусматривать использование УЗО, как на отдельных участках электрической сети, так и в качестве головной защиты. При этом обеспечивается дополнительное снижение пожарной опасности до 3 раз и более за счет предупреждения однофазных к.з. на корпус.

В последние годы возникла тенденция замены алюминиевой проводки на более дорогую - медную. Преимуществами медной электропроводки, обусловленными меньшим сопротивлением, являются снижение потерь мощности, энергии и повышение качества напряжения у потребителя. Кроме того, раскаленные частицы меди, возникающие при к.з., обладают значительно меньшей воспламеняющей способностью, чем частицы алюминия.

Однако, как показали расчеты, в отдельных ситуациях использование медной электропроводки того же сечения по участкам сети, что и алюминиевой, может увеличить показатели пожарной опасности по отдельным видам к.з. и интегральный показатель пожарной опасности. Это является следствием увеличения токов к.з. до 50 % и более при замене электропроводки и возможностью смещения и расширения зон пережога.

Кроме того, такая замена электропроводки является в 3 - 6 раз более затратным мероприятием, чем замена аппаратов защиты, в том числе, с использованием УЗО.

При проведении расчетов отдельные случаи повышения пожарной опасности при замене электропроводки на медную были зафиксированы только для междуфазных к.з. Поэтому для однофазной сети зданий, такая замена, как правило, имеет только положительные результаты, если не считать увеличения стоимости электропроводки.

В общем случае целенаправленное изменение параметров электропроводки, включая как изменение сечения, так и материала проводов по своим последствиям неоднозначно. Поэто-

Отформатировано: Отступ:
Первая строка: 22,7 пт,
Междустр.интервал: одинарный

му решение о ее замене должно приниматься по результатам расчетов показателей пожарной опасности.

На основании изложенного можно также сделать вывод о том, что эффективность одинаковых систем электрической защиты типовых зданий не может быть одинаковой из-за различия диапазонов токов к.з. на участках электрической сети для объектов, питаемых от трансформаторов различного типа и мощности, при различных параметрах внешней системы электроснабжения. Поэтому необходимо рассчитывать показатели пожарной опасности коротких замыканий в каждом конкретном случае.

Выбор параметров эффективной системы электрической защиты по результатам ее диагностирования позволяет снизить затраты на 170-180 тыс. руб. и более по одному объекту по сравнению с заменой алюминиевых проводов на медные. При этом пожарная безопасность повышается более чем в два раза, по сравнению с заменой электропроводки.

МЕТОДЫ И УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ 6-10 кВ

Лысиков П.С. – аспирант

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

В современных экономических условиях существования различных предприятий одним из важнейших факторов эффективной работы практически любого предприятия является его надёжное электроснабжение. Для решения этой проблемы существует несколько путей: строительство резервирующих кабельных линий (что в ряде случаев невозможно и требует больших капиталовложений) или своевременный контроль изоляции действующих кабельных линий.

Под своевременным контролем понимается применение методов и устройств неразрушающего контроля кабельных линий, позволяющих не выводить линию из работы.

В настоящее время основным методом контроля состояния изоляции кабельных линий являются их профилактические испытания повышенным напряжением выпрямленного тока. В соответствии с установленными нормами величина испытательного напряжения принимается равной пятикратному номинальному напряжению. Применение такого испытательного напряжения для кабельных линий, эксплуатируемых в течение примерно 20 лет, приводит к тому, что около 40 % испытаний заканчивается пробоем изоляции и влечёт за собой значительные затраты на ремонтно-восстановительные работы.[1]

Такому методу диагностики кабельных линий присущи следующие недостатки: во-первых, он не выявляет всех дефектов изоляции; во-вторых, испытания характеризуют только кратковременную электрическую прочность; в-третьих, при испытаниях может быть повреждена изоляция с незначительными дефектами, с которыми кабель мог бы длительно работать под рабочим напряжением.

Для данного способа диагностики разработаны современные мобильные устройства, отличающиеся высокой функциональностью и возможностью быстро определять места повреждения кабельных линий (например, лаборатория испытания кабелей, выпускаемая ОАО «МЭЗ», г. Москва, установка Syscompact фирмы BAUR). Однако стоимость таких установок достаточно высока.

Вернёмся к вопросу о методах контроля изоляции, при котором не надо выводить кабель из работы. На сегодняшний день контроль изоляции оборудования в электрических сетях, осуществляется с помощью трансформаторов напряжения (ТН) 6–10 кВ.

В течение длительного времени разрабатывались устройства защиты, многие из которых были неэффективны. Так, применение трансформаторов напряжения контроля изоляции (ТНКИ) НТМИ-6-10, выполненных в соответствии с ГОСТ 1983-2001, ограничено из-за многих недостатков: частые повреждения при феррорезонансных явлениях в электрической сети; фазы ТН шунтируются и его схема соединения становится аналогичной схеме открытого треугольника. Известно, что в этом случае при подключенной нагрузке к выводам фаз А

и С обмотки НН возникают недопустимые погрешности. Это относится к двум трансформаторам напряжения, включенным по схеме открытого треугольника, и к трансформатору НАМИ-10/6, где также используются два ТН.

Таким образом, актуальной задачей являлось создание ТНКИ, не имеющего перечисленных выше недостатков. Самой сложной оказалась проблема защиты ТН от феррорезонансных процессов.

С 1997 г. в ОАО «Самарский трансформатор» выпускается трехфазный антирезонансный ТНКИ марки НАМИТ-10-2. При возникновении феррорезонанса, у него автоматически размыкается вторичная обмотка. При этом сопротивление первичной обмотки увеличивается до 300 кОм, условие резонанса нарушается и феррорезонанс затухает.[3]

Данные средства контроля изоляции реагируют на уже свершившуюся аварию, что так же не позволяет избежать больших затрат на ремонт электрооборудования. Актуальным на сегодняшний день остается вопрос о таких методах контроля изоляции, которые позволяли бы выявлять дефекты на ранней стадии их развития и не доводить ухудшение состояния систем электроснабжения до аварийной ситуации.

Одним из методов мониторинга изоляции кабельных сетей предлагается [3] применение преобразователей тока, устанавливаемых непосредственно на изоляции жил контролируемого кабеля и передающих сигнал в информационно-измерительную систему (ИИС) (пример такой системы – программно-аппаратный комплекс диспетчеризации, контроля и управления энергохозяйства (СДКУ) «Технокомплекс»).

В соответствии с приведенным в [3] описанием преобразователя дифференциального тока ПДТ-1ПР (производство ООО «ВП Технокомплекс») решают задачу селективного контроля и непрерывного мониторинга состояния изоляции кабельных присоединений 6 – 35кВ с изолированной нейтралью являются бесконтактными, имеют гибкий магнитопровод и устанавливаются на поверхность контролируемого кабеля (на его изоляцию). Количество преобразователей равно количеству контролируемых фидеров. Каждый преобразователь подключается пятижильным сигнальным кабелем к входам для аналоговых сигналов в блоке СДКУ. Преобразователь имеет два выходных канала в виде уровня постоянного тока 0 – 20мА прямо пропорциональных амплитуде дифференциального тока в контролируемом кабеле (минимальное регистрируемое значение - 10мА) и сдвигу фазы между напряжением и током нулевой последовательности. Математическая обработка этих сигналов по специальному алгоритму позволяет выявлять фидер с ухудшением сопротивления изоляции, наблюдать динамику изменения состояния изоляции во времени, вести сравнительный анализ состояния изоляции различных фидеров. Возможно задание нескольких порогов срабатывания сигнализации. Конкретные значения порога чувствительности датчиков зависят от емкости контролируемой сети.[5]

Из вышеприведенного описания не удаётся полного представления о принципе действия предлагаемого устройства. Данной информации по этому устройству нам найти не удалось.

Еще одним методом мониторинга изоляции является метод, основанный на регистрации частичных разрядов, наблюдаемых в кабельной линии. Предлагается прибор ССМ-6 (фирма Вибро-Центр), работа которого основана на регистрации и анализе уровня амплитудного и фазового распределения импульсов частичных разрядов в изоляции кабельных линий[4]. Недостатком такой системы контроля изоляции является неопределённость суждения о состоянии изоляции по результатам регистрации частичных разрядов, т.к., неясно, какая фиксированная величина амплитудного и фазового распределения импульсов будет являться показателем неисправного состояния кабеля.

Марийским государственным техническим университетом разработан индикатор частичных разрядов (ЭЛМИН-3), использующий измерение параметров электромагнитного поля, создаваемого частичными разрядами. Метод оценки параметров частичных разрядов по сопутствующему импульсному излучению имеет следующие достоинства: нет необходимо-

сти выводить оборудование из работы; отсутствует необходимость в специальном устройстве для подключения к объекту контроля.[3]

Недостатком такой системы контроля изоляции является необходимость присутствия обслуживающего персонала для проведения диагностики и невозможность полного контроля частичных разрядов.

Выводы:

Вопросам контроля состояния изоляции кабельных линий уделяется большое внимание, т.к. аварии в кабельных линиях являются, в большинстве случаев, к существенному ущербу. Достигнутые на сегодняшний день результаты в части разработки средств и методов контроля изоляции кабельных линий не дают оснований утверждать, что вопрос решён в полном объёме. Поэтому работы в этой области являются перспективными и экономически оправданными.

Литература:

1. Мусин А.Х. Системы электроснабжения городов: технология ресурсосберегающего обслуживания по реальной потребности. Научно-производственное издание / АлтГТУ им. И.И. Ползунова. -Барнаул: Изд-во АлтГТУ.1999.-148с.
2. Базуткин В.В., Ларионов В.П., Пинталь Ю.С. Техника высоких напряжений.- М.:Энергоатомиздат,1986.
3. <http://www.news.elteh.ru>- Журнал «Новости электротехники»
4. <http://www.vibrocenter.ru>
5. <http://www.technocomplex.ru>

РАЗРАБОТКА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРИБОРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В АТМОСФЕРЕ ТЕПЛИЦ

Бобин Н.Ю. – студент, Воробьев Р.Н. – инженер, Воробьев Н.П. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Для контроля углекислого газа в атмосфере теплиц используют газоанализаторы АФИ, ГВВ-2, ГПХ-3М, ВТИ-2, в которых составные части контролируемого воздуха последовательно поглощаются растворами-поглотителями и в дальнейшем учитываются объёмометрическим способом. Используются и более совершенные современные приборы - газовые хроматографы. Недостатки: имеет место непрерывный расход поглотительных растворов и необходимы дополнительные затраты рабочего времени на приготовление растворов, их транспортировку и заливку в газоанализаторы. Приборы, построенные по механическому принципу, ненадежны в запыленных средах и предъявляют повышенные требования в эксплуатации [1]. Каждый тепловой газоанализатор нужно градуировать индивидуально, необходимо точно поддерживать расходы анализируемой смеси и реакционной жидкости, поддерживать постоянную температуру измерительной части анализатора и стабильность питающего тока [2]. Недостатком термокондуктометрического анализа, основанного на тепловом эффекте, является отравление катализатора каталитическими ядами, которые могут присутствовать в анализируемом газе или выделяться на поверхности катализатора. Каждый газоанализатор нужно градуировать индивидуально, необходимо точно поддерживать расходы анализируемой смеси и реакционной жидкости, поддерживать постоянную температуру измерительной части анализатора, а у некоторых типов обеспечить и стабильность питающего тока.

В связи с чем нами разработан ультразвуковой прибор для контроля углекислого газа в атмосфере теплиц, принцип действия которого подробно описан ниже.

Известны устройства для измерения скорости ультразвука [3], [4], общий недостаток ко-

торых в низкой точности и узком диапазоне измерений. С целью преодоления упомянутого недостатка нами разработано устройство для измерения скорости ультразвука [5]. На рисунке 1 изображена структурная схема устройства для измерения скорости ультразвука, на рисунке 2 - форма сигнала автоциркуляции в зависимости от параметров цепи детектирования и длительности t_u пуга принятого и сформированного импульса, на рисунке 3 - временные диаграммы, иллюстрирующие работу устройства.

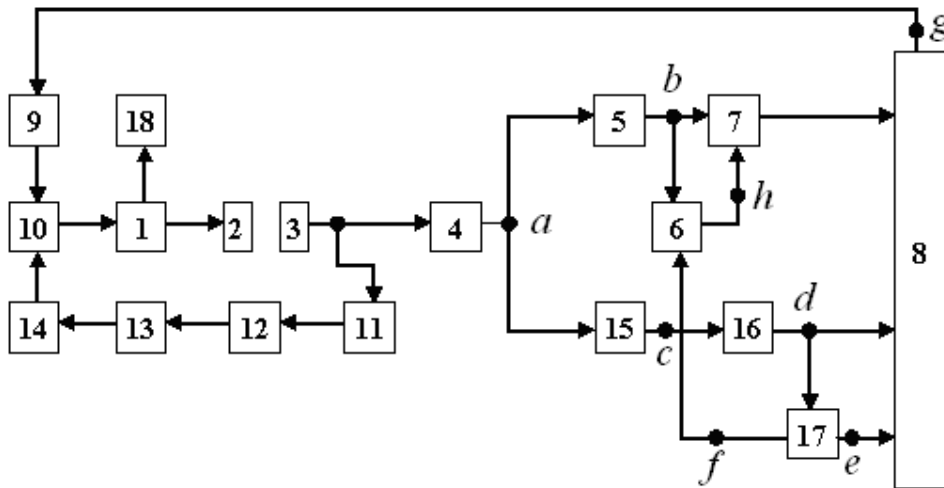


Рисунок 1 - Структурная схема устройства для измерения скорости ультразвука

Параметры цепи выражены через

$$\varepsilon = RCt_u^{-1}, \quad (1)$$

где R - сопротивление цепи детектирования сигнала,

C - емкость цепи детектирования сигнала,

$U_{\text{ВЫХ}}$ и $U_{\text{ВХ}}$ - напряжения соответственно на выходе и входе цепи детектирования сигнала.

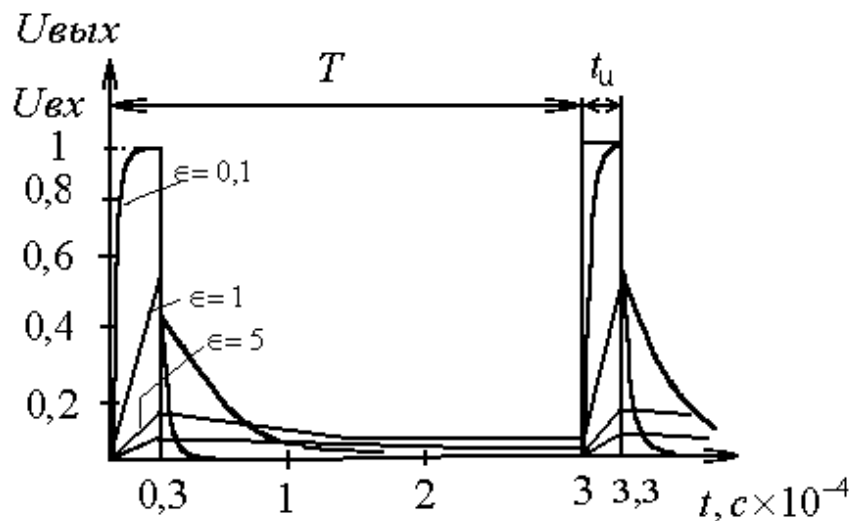


Рисунок 2 - Форма сигнала автоциркуляции

На рисунке 3 представлены временные диаграммы сигналов автоциркуляции в соответствующих точках a, b, c, d, e, f, g, h структурной схемы устройства, изображенного на рисунке 3.10, где T - период автоциркуляции сигналов, t_u - длительность цуга принятых импульсов, t - текущее время, U - напряжение.

Формирователь 17 длинных импульсов представляет собой одновибратор, на выходе которого формируются импульсы, по длительности превышающие длительность цуга принятых импульсов (диаграммы e и f на рисунке 3) и имеющие прямой (диаграмма e на рисунке 3 и точка t на рисунке 3) и инверсный (диаграмма f на рисунке 3 и точка f на рисунке 3) выходы.

В результате обеспечивается эффективное подавление шумовой помехи и минимизируется уровень привязки к переднему фронту принятого сигнала в широком диапазоне частот автоциркуляции, что обеспечивает повышение точности измерений и расширение диапазона измерений скорости ультразвука.

Наиболее эффективно применение разработанного устройства в качестве газоанализатора, где скорость ультразвука изменяется в широких пределах и велико затухание ультразвуковых колебаний в среде, что характерно для теплиц по выращиванию огурца и томатов.

Для разработанного ультразвукового прибора для контроля углекислого газа в атмосфере теплиц характерно отсутствие непрерывного расхода поглотительных растворов, дополнительных затрат рабочего времени на приготовление растворов, их транспортировку и заливку, надежность работы в запыленных средах, пониженные требования в эксплуатации, простота градуировки, основанная на возможности использования известных соотношений акустического газового анализа, и возможность работы в широком диапазоне температур за счет использования эталонного канала.

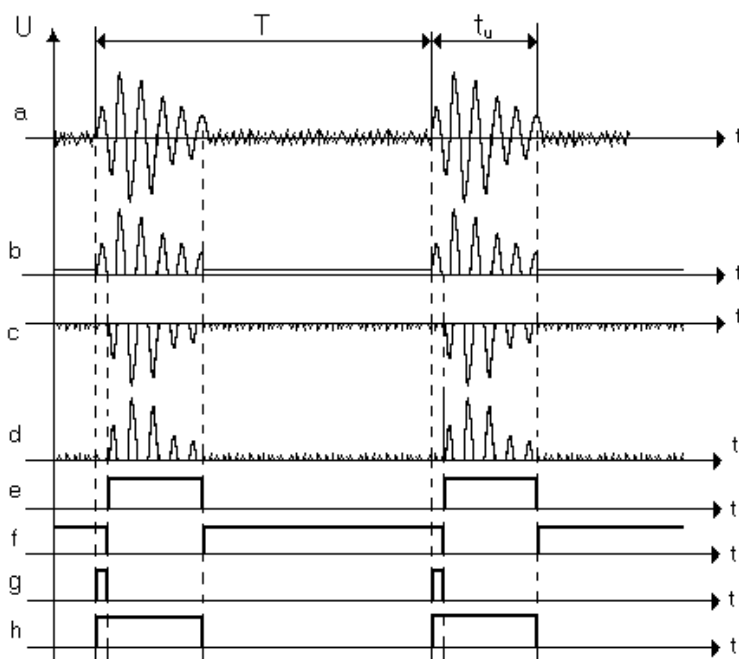


Рисунок 3 - Временные диаграммы работы устройства для измерения скорости ультразвука

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Тхоржевский В.П. Автоматический анализ химического состава газа. – М.: Химия, 1969. - 324 с.
2. Деннис Л. Газовый анализ / Л. Деннис М. Никольс - М: Госхимиздат, 1964. -115 с.
3. Кикучи Е. Ультразвуковые преобразователи. – М.: Мир, 1972. – 424 с.
4. Носов В. А. Проектирование ультразвуковой измерительной аппаратуры. – М.: Машиностроение, 1972. – 288 с.
5. А.с. 1610309 СССР МКИ⁵ G 01 Н 5/00. Устройство для измерения скорости ультразвука / Воробьев Н.П., Дерешев В.Н., Гребенюк В.В.; заявитель и патентообладатель Алт. политехн. ин-т. - № 4612786/25-28; заявл. 06.12.88; опубл. 30.11.90, Бюл. № 44. – 5 с.: ил.