

ИЗМЕРЕНИЕ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ШИРОКОАПЕРТУРНОЙ АНТЕННЫ В ДАЛЬНОЙ ЗОНЕ

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Представлены метод измерения диаграммы направленности антенны (ДН) и структурная схема измерения ДН в дальней зоне с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Отличительной особенностью предполагаемого метода является в определение качества исследуемой антенны.

Измерение диаграммы направленности антенны является важной и актуальной научно-технической задачей в области радиосистем. Ключевые моменты при разработке антенны является измерение её характеристик, то есть мощность излучения, а для этого надо мерить диаграмму направленности [1].

Традиционно измерения диаграммы направленности антенны проводились в безэховой камере, которая представляет собой изолированную комнату со стенами, поглощающими радиоволны для предотвращения каких-либо внешних помех. Однако для антенн с большими апертурами для точного измерения ДН желательно иметь точечный источник в дальней зоне, которая располагается от нескольких десятков метров до нескольких километров от антенны. Естественно, при увеличении расстояния необходимо увеличивать размер безэховой камеры, что является дорогостоящим и трудоёмким процессом. Для исключения этих недостатков был выбран БПЛА в качестве измерительного аппаратного устройства. За последние годы измерение ДН с помощью БПЛА является распространенным, практичным и дешёвым по сравнению с безэховой камерой. С помощью аппарата можно проводить измерения в свободном пространстве (на улице), где, собственно, есть возможность расположить точечный источник на большое расстояние от исследуемой антенны (АУТ) [2]. К аппарату устанавливается точечный источник излучения (излучающая антенна), и распространяет электромагнитное излучение в сторону АУТ в виде волнового фронта. Полученные результаты мощностей можно построить диаграмму направленности в виде полярной или декартовой системе координат.

В полевых условиях активные применения методов измерения ДН являются:

- тестовый сигнал радиопередающего оборудования БПЛА к АУТ (когда БПЛА отправляет тестовый сигнал с известной мощностью к АУТ);
- тестовый сигнал АУТ к БПЛА (тестовый сигнал с известным параметром отправляется к БПЛА из АУТ).

В работе представлен другой метод измерения ДН - сигнал переотражённый от поверхности АУТ (рисунок 1).

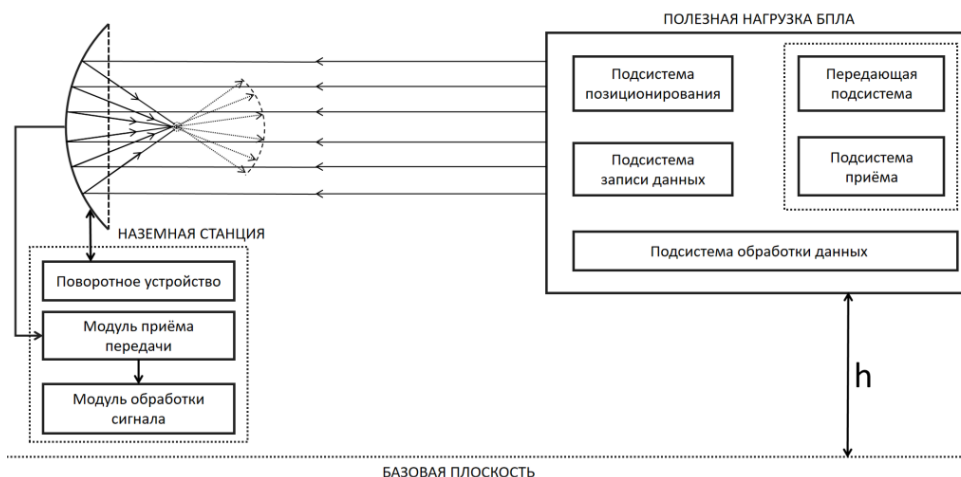


Рисунок 1 – Схема метода восстановления ДН при переотражении тестового сигнала от поверхности АУТ

БПЛА отправляет тестовый сигнал, и этот сигнал отражается от поверхности АУТ, следуя обратно к БПЛА. Особенностью данного метода состоит в том, что с помощью результата измерения можно провести диагностику АУТ в наличии дефектов в апертуре.

Для измерения необходимо выполнить систему обнаружения мощности сигнала. Система состоит из трёх модулей: модуля приема сигнала, модуля обнаружения мощности и модуля обработки данных. Принцип этой системы обнаружения показан на рисунке 2. Во-первых, электромагнитное излучение принимается приемной антенной, установленной на БПЛА, и передается в модуль обнаружения мощности. Затем детектор мощности в модуль обработки данных в виде аналогового сигнала. После этого аналого-цифровой преобразователь преобразует аналоговый сигнал в цифровой и передает его на микроконтроллер [3].

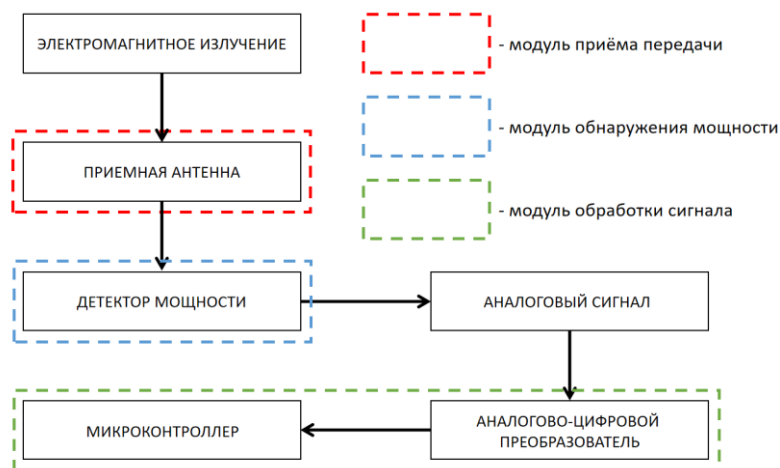


Рисунок 2 – Принцип работы системы обнаружения мощности сигнала

Исходя из рисунка 1 необходимо расположить микроконтроллер на БПЛА, в роли подсистемы записи данных. В таких случаях необходимо создать условие удалённого подключения ПК с микроконтроллером. На рисунке 3 приведена схема подключения ПК к микроконтроллеру через радиомодуль HC-12.

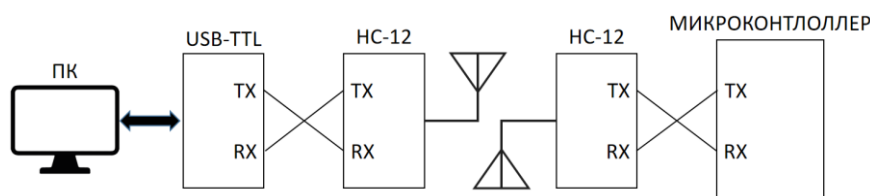


Рисунок 3 – Схема подключения ПК с микроконтроллером через радиомодуль HC-12

По умолчанию у обоих радиомодулей установлены частота 433,4 МГц, что позволяет подключиться к нужному радиомодулю. Так как для эксперимента был выбран частота 1-2 ГГц (L-диапазон), не возникнут проблемы с подключением. Максимальная дальность радиомодуля составляет 1 км, что является необходимым для подключения к микроконтроллеру в дальней зоне. Подключение осуществляется через программы PuTTY.

В наличии нескольких устройств для измерения ДН, указанных на рисунках 2 и 3, сильно сказывается на увеличении полезной нагрузки. Естественно, что для работы необходимо выбрать или создать БПЛА, который сможет поднять полезную нагрузку. В роли БПЛА был выбран квадрокоптер Phantom 4 advanced, который сможет поднять полезную нагрузку весом 500 грамм. Также преимущество в выборе этого квадрокоптера состоит в наличии пульта дистанционного управления, необходимым для построения траектории полета БПЛА, и в наличии камеры, установленной на квадрокоптере. Излучающая и приемная антенна будет располагаться и направляться на ту сторону, куда направлена камера по умолчанию. На основе камеры, которая за весь промежуток времени измерения ДН на основе тра-

ектории полета БПЛА, будет направлена в сторону АУТ для точной передачи и приема антенны, установленной на БПЛА.

На основе рисунков 2 и рисунка 3 представлена предварительная структурная схема измерения ДН с помощью БПЛА (рисунок 4).

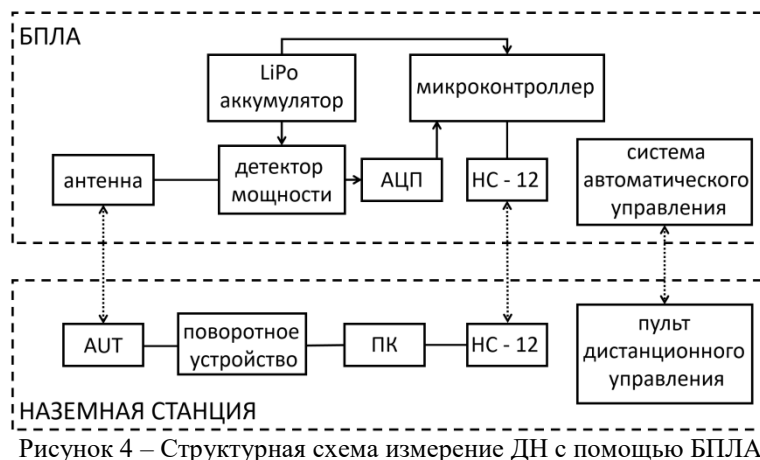


Рисунок 4 – Структурная схема измерения ДН с помощью БПЛА

На рисунке 4 видно, что через пульт дистанционного управления БПЛА будет лететь по заданной траектории автоматически на основе программного обеспечения. В качестве роли устройств были выбраны следующие:

- микроконтроллер NanoPi Neo Core2 (вес - 40 г, размерность - 40 x 40 мм.);
- AD8318 детектор мощности (вес - 46 г, размерность - 50 x 30 мм., рабочая частота - 1-8000 МГц);
- аналого-цифровой преобразователь ADS1110A0IDBVR (вес - 0.1 г);
- поворотное устройство в виде шагового двигателя;
- широкоапертурная антенна (АУТ), расположенная на крыше НИИ ПФП (рисунок 5).



Рисунок 5 – Широкоапертурная антенна

Список литературы

- 1 Oh Suchan. "Simulation of motion of an unmanned aerial vehicle for measuring purposes and prototyping of its kinematic diagram." Black Sea Science 2021: Proceedings of the International Competition of Student Scientific Works. Information Technology, Automation and Robotics. Odessa National Academy of Food Technologies. Odessa: ONAFT, 2021. – p. 312 – 320.
- 2 María García-Fernández, Yuri Álvarez López, Ana Arbolea, Borja González-Valdés, Yolanda Rodríguez-Vaqueiro, María Elena De Cos Gómez, Fernando Las-Heras Andrés (2017). "Antenna Diagnostics and Characterization Using Unmanned Aerial Vehicles." IEEE Access (Volume: 5), p. 23563 – 23575.
- 3 Qingying Ren, Wen Zuo, Jie Xu, Leisheng Jin, Wei Li and Debo Wang (2021). "Design of a Microwave Power Detection System in the 5G-Communication Frequency Band." Sensors 2021, 21(8), 2674.