

Цифровая метеостанция с измерением параметров геомагнитного поля

*Е.С. Гороховатенко, В.С. Демиденко, В.И. Литвинов, П.В. Наумов,
С.В. Степанов, А.В. Можяев*

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
им. М. И. Платова, Новочеркасск*

Аннотация: В данной статье рассмотрена разработка цифровой метеостанции с измерением параметров геомагнитного поля. Преимуществом разрабатываемого устройства являются возможность одновременной стабильной и корректной работы нескольких датчиков (а именно 15), точность измерений на больших расстояниях (до 300 метров). Разработаны структурная и функциональная схемы устройства. В программе схемотехнического анализа Micro-Cap спроектирован стабилизатор напряжения устройства. Проведены экспериментальные исследования готового устройства.

Ключевые слова: цифровая метеостанция, геомагнитное поле, магнитный датчик, Arduino.

Многие происходящие явления и процессы, так или иначе, связаны с магнитным полем. В современной технике существует немало различных объектов и устройств, работа которых основана на взаимодействии с магнитным полем или в которых последнее используется в качестве управляющей среды. Согласно известной статистике, фактор риска минимален в годы минимума солнечной активности и достигает максимума в периоды подъема и спада солнечной активности [1]. Наиболее сильные магнитные бури и магнитосферные возмущения приходятся на период роста и спада солнечной активности [2, 3]. Разработка метеостанции является актуальной задачей, это позволит делать магнитные, температурные измерения и измерения давления прямо с места использования. Данные будут точнее, чем при использовании глобального прогноза погоды.

Структурная схема, которая позволяет решить поставленные в техническом задании задачи, представлена на рисунке 1. В схеме содержатся блоки стационарных и выносных датчиков, которые представляют собой датчики для измерения температуры и влажности, магнитного поля и давления в различных помещениях, блок управления представлен микроконтроллером *Arduino* и блок индикации для вывода на дисплей

информации [4, 5]. УП – устройство переключения, АБ – аккумуляторная батарея, БП – блок питания.

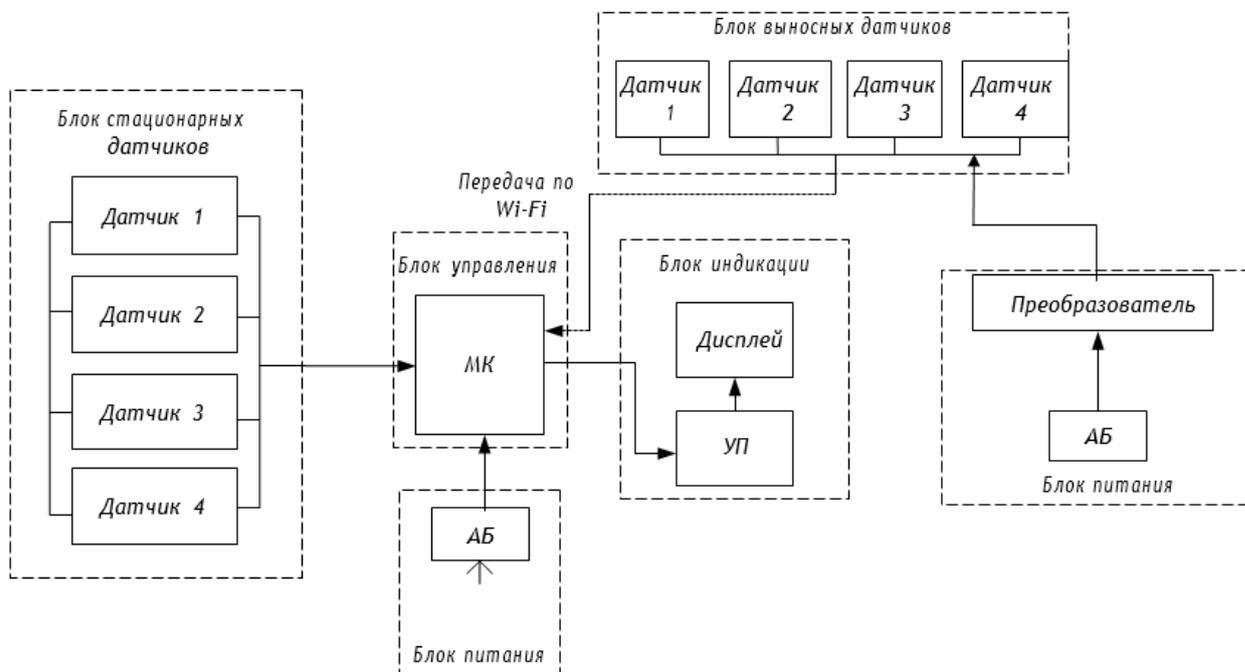


Рисунок 1. Структурная схема разрабатываемого устройства

Разработка функциональной схемы производилась на базе структурной схемы, и приведена на рисунке 2.

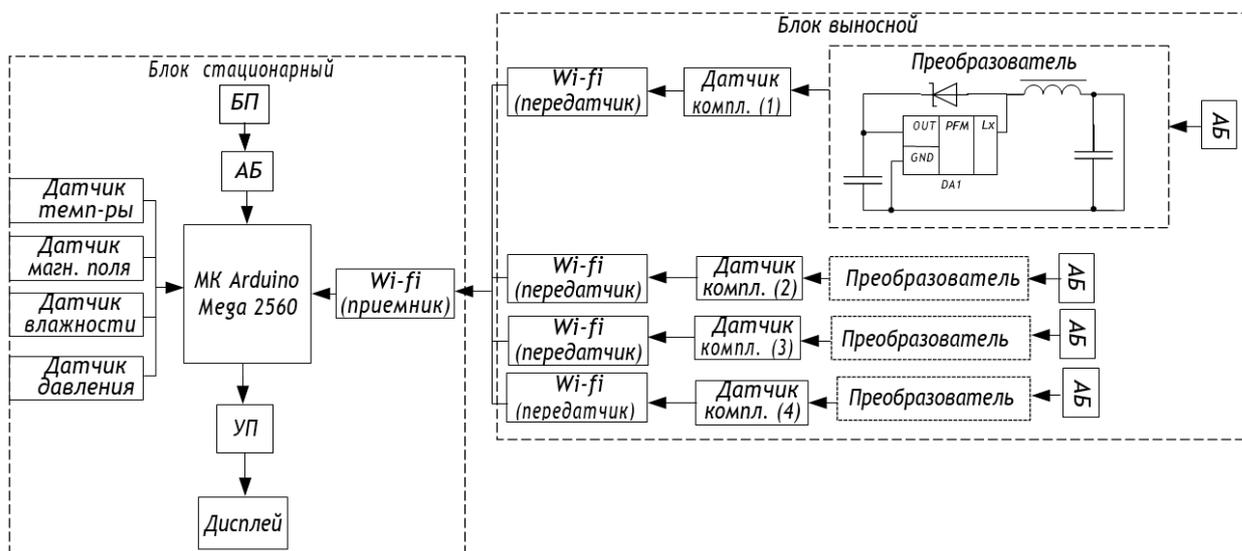


Рисунок 2. Функциональная схема разрабатываемого устройства

На функциональной схеме представлены: БП – блок питания, УП –

устройство переключения, АБ – аккумуляторная батарея, МК *Arduino Mega* 2560 – микроконтроллер, выносной блок, представленный 4 комплексными датчиками для измерения температуры и влажности, и стационарный блок, представленный датчиками температуры, влажности, давления и магнитного поля [6]. На датчики поступает информация о состоянии окружающей среды, после этого данные передаются на микроконтроллер (данные с выносного блока через приемник, и передатчик *Wi-Fi* и поступают на микроконтроллер). Там происходит обработка данных и их дальнейший вывод на дисплей, причем выбором необходимой информации можно управлять с помощью УП (с помощью кнопки). Датчики в стационарном блоке будут питаться от аккумуляторных батареек напряжением 3 В, а микроконтроллер - 5 В. Датчики же в выносном блоке питаются от батарейки в 1,5 В, после которой стоит повышающий преобразователь *DC-DC*, поднимающий напряжение до необходимого. Между сетевым адаптером и аккумуляторной батареей находится линейный стабилизатор напряжения.

В программе схемотехнического анализа *Micro-Cap* был спроектирован стабилизатор напряжения [7, 8]. На рисунке 3 представлена моделируемая схема. По рисунку 4 мы можем увидеть результат работы стабилизатора и при уменьшении напряжения с 10 В до 5 В возможно запитать аккумуляторную батарею для обеспечения питания *Arduino*, ЖК-дисплея и кнопок управления.

На рисунке 4 $V(V1)$ – входное напряжение; $V(R16)$ – выходное напряжение.

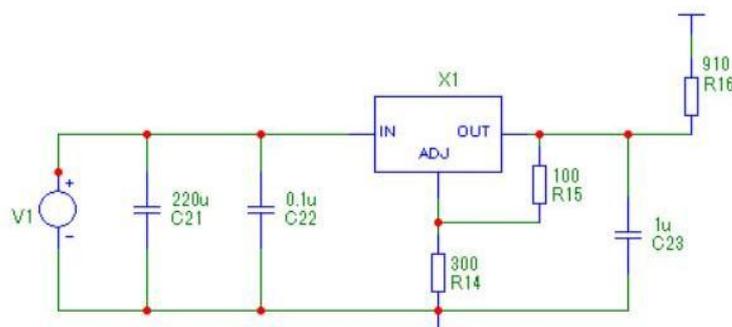


Рисунок 3. Схема стабилизатора напряжения в Micro-Cap



Рисунок 4. Результат моделирования сигналов напряжения

Были получены результаты измерений в порте COM и выведены на экран ПК (рисунок 6), а после выведены данные о магнитных параметрах на дисплей (рисунок 5), результаты приведены в таблице 1.

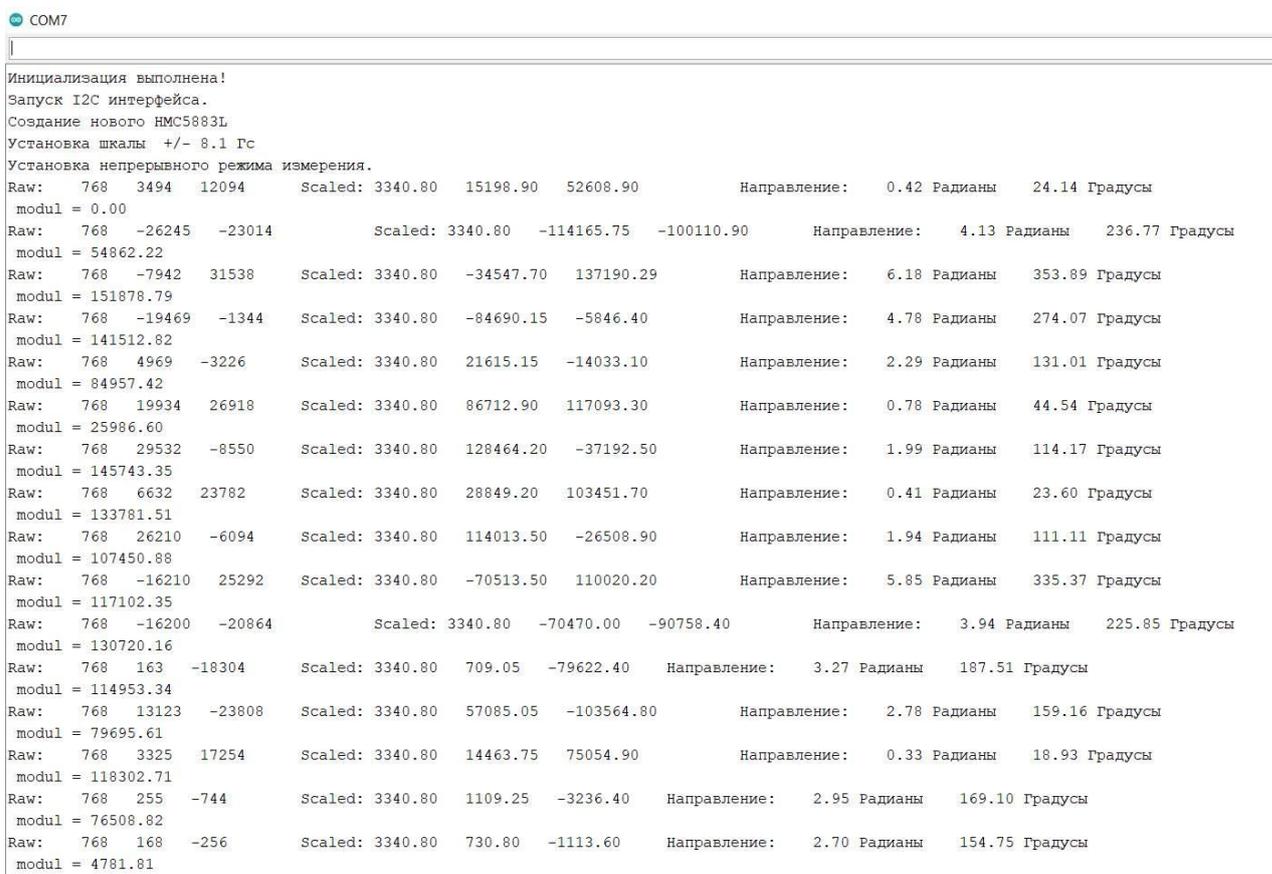


Рисунок 5. Инициализация измерительной информации



Рисунок 6. Вывод данных на дисплей

Таблица 1 – Результаты работы программы (вывод в *COM* порт)

Необработанные значения			Масштабируемые значения			Магнитное наклонение ϕ (в радианах)	Магнитное наклонение (в градусах)	Модуль вектора магнитной индукции
768	394	12094	3340.8	15198.9	52608.9	0.42	24.14	0.00
768	-26245	-23014	3340.8	-114165.75	-100110.9	4.13	236.77	54862.22
768	-7942	31538	3340.8	-34547.7	137190.29	6.18	353.89	151878.79
768	4969	-1344	3340.8	-84690.15	-5846.4	4.78	274.07	141512.82
768	19934	-3226	3340.8	21615.15	-14033.1	2.29	131.01	84957.42
768	29532	26918	3340.8	86712.9	117093.3	0.78	44.54	25986.6

Результаты, представленные в таблице 1, соответствуют расчетным значениям, а погрешность цифровой метеостанции с измерением параметров геомагнитного поля, по каналу измерения геомагнитного поля, не превышает 2%. Стоит отметить, что для магнитных измерений приемлемой является погрешность, не превышающая 3% [9, 10].

Литература

1. Zou Y., Shen Q. and Wang D., Global Total Electron Content Variations during the Major Magnetic Storm in Nov. 2004, 2008 International Workshop on Education Technology and Training & 2008 International Workshop on Geoscience and Remote Sensing, 2008, pp. 434-439.

2. Široký J. and Linhart R., Solar storm detecting by integrated magnetometer based on anisotropic magnetoresistivity, 2017 25th Telecommunication Forum (TELFOR), 2017, pp. 1-4.
 3. Teh W.-L. and. Chen W.-S., Dependency of the Ionospheric Storm on the Local Time of Storm Onset in the Southeast Asia Sector, 2019 6th International Conference on Space Science and Communication (IconSpace), 2019, pp. 9-13.
 4. Nayyar A. and Puri V., A review of Arduino board's, Lilypad's & Arduino shields, 2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), 2016, pp. 1485-1492.
 5. Amestica O.E., Melin P.E., Duran-Faundez C.R. and Lagos G.R., An Experimental Comparison of Arduino IDE Compatible Platforms for Digital Control and Data Acquisition Applications, 2019 IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON), 2019, pp. 1-6.
 6. Игнатъев В.К., Невзоров А.А., Орлов А.А. Цифровой протонный магнитометр для измерения геомагнитного поля // Инженерный вестник Дона, 2012, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1274.
 7. Solovev D.B. and Severin S.D., Study of transient current measurement using micro-CAP circuit simulator, 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2016, pp. 1-5.
 8. Artuhov V. and Brytov O., Digital filter design by Micro-Cap tools, 2015 IEEE 35th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2015, pp. 310-313.
 9. Буль О.Б., Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов: Магнитные цепи, поля и программа FEMM. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 336 с.
-

10. Ключев В.В., Мужичкий В.Ф., Горкунов Э.С., Щербинин В.Е. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. Т. 6: В 3 кн. Кн. 1: Магнитные методы контроля. – М.: Машиностроение, 2006. – С. 30-36.

References

1. Zou Y., Shen Q. and Wang D., International Workshop on Education Technology and Training & International Workshop on Geoscience and Remote Sensing, 2008, pp. 434-439.
2. Široký J. and Linhart R., 25th Telecommunication Forum (TELFOR), 2017, pp. 1-4.
3. Teh W.-L. and Chen W.-S., 6th International Conference on Space Science and Communication (IconSpace), 2019, pp. 9-13.
4. Nayyar A. and Puri V., 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), 2016, pp. 1485-1492.
5. Amestica O.E., Melin P.E., Duran-Faundez C.R. and Lagos G.R., IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON), 2019, pp. 1-6.
6. Ignatev V.K., Nevzorov A.A., Orlov A.A. Inzhenernyj vestnik Don, 2012, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1274.
7. Solovev D.B. and Severin S.D., 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2016, pp. 1-5.
8. Artuhov V. and Brytov O., IEEE 35th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2015, pp. 310-313.
9. Bul' O.B. Metody rascheta magnitnyh sistem jelektricheskikh apparatov: Magnitnye cepi, polja i programma FEMM [Methods for calculating the magnetic systems of electrical devices: Magnetic circuits, fields and the FEMM software]. M.: Izdatel'skij centr «Akademija», 2005. 336 p.
10. Kljuev V.V., Muzhickij V.F., Gorkunov Je.S., Shherbinin V.E. Nerazrushajushhij kontrol': Spravochnik: V 8 t. T. 6: V 3 kn. Kн. 1: Magnitnye



metody kontrolja [Non-destructive testing: Handbook: In 8 volumes. Vol. 6: In 3 books. Book. 1: Magnetic control methods]. М.: Mashinostroenie, 2006. pp. 30-36.