

Электронный научный журнал "Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках" <http://mathmod.esrae.ru/>

URL статьи: mathmod.esrae.ru/39-145

Ссылка для цитирования этой статьи:

Сивяков Б.К., Сивяков Д.Б., Скрипкин А.А. Устройство обнаружения высоковольтной воздушной линии по магнитному полю // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2022. №3

УДК 629.067.8 : 621. 315.1

DOI: 10.24412/2541-9269-2022-3-07-10

УСТРОЙСТВО ОБНАРУЖЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ПО МАГНИТНОМУ ПОЛЮ

Сивяков Б.К.¹, Сивяков Д.Б.², Скрипкин А.А.³

¹Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, (8452) 99-87-65, sibokon@rambler.ru

²Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, (8452) 99-87-65, dmitrijsivakov7@gmail.com

³Саратовский государственный университет имени Чернышевского Н.Г.,
Россия, Саратов, 89616428218, al1skr@yandex.ru

A DEVICE FOR DETECTING A HIGH-VOLTAGE AIR POWER ELECTRICAL LINE BY A MAGNETIC FIELD

Siviyakov B.K.¹, Siviyakov D.B.², Scripkin A.A.³

¹ Dr.Sci.Tech, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, professor, Russia,
Saratov, (8452) 99-87-65, sibokon@rambler.ru

² Ph.D., Associate Professor, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
Russia, Saratov, Associate Professor (8452) 99-87-65, dmitrijsivakov7@gmail.com

³ Dr.Sci.Tech, Saratov State University, Russia, Saratov, Leading Researcher,
89616428218, al1skr@yandex.ru

Аннотация. Воздушные линии электропередачи являются источником многочисленных аварий маловысотных летательных аппаратов. Обоснована возможность обнаружения линии в режиме маловысотного полета по ее магнитному полю промышленной частоты. Предложена и смоделирована в программе схемотехнического проектирования Tina-Ti схема устройства обнаружения высоковольтной воздушной линии электропередачи, доказавшая возможность обнаружения линии по ее магнитному полю.

Ключевые слова: устройство обнаружения, воздушные линии электропередачи, магнитное поле

Abstract. Air power electrical lines are the source of numerous accidents of low-altitude flying machine. The possibility of detecting a line in low-altitude flight mode by its magnetic field of industrial frequency is substantiated. A scheme of a device for detecting a high-voltage air power electrical transmission line was proposed and modeled in the Tina-Ti circuit design program, which

proved the possibility of detecting a line by its magnetic field.

Keywords: detection device, overhead power lines, magnetic field

Введение. За последнее время возросла тяжесть последствий от столкновений воздушных судов с проводами воздушных высоковольтных линий электропередачи (ВЛ) [1-3]. В Российской Федерации за период, например, с 1991 г по 2018 г произошло 96 авиационных происшествий, приведших к гибели 82 человек. К настоящему времени число столкновений значительно возросло в результате применения беспилотных летательных аппаратов (БЛА).

Соизмеримое с высотой полета расположение проводов ВЛ, особенно беспилотных; высокая скорость, низкая высота полета пилотируемых летательных аппаратов в условиях недостаточной видимости не позволяют пилоту своевременно обнаружить ВЛ. Для избежания аварийной ситуации необходимо на летательном аппарате иметь устройство обнаружения ВЛ [4].

Высоковольтная ВЛ является источником интенсивного магнитного поля промышленной частоты 50 Гц. Оно является информацией о наличии ВЛ [5].

Предлагаемый доклад посвящен обоснованию возможности, разработке и моделированию в САПР Tina-Ti устройства обнаружения ВЛ по ее магнитному полю.

Обоснование возможности обнаружения высоковольтных ВЛ сенсорами магнитного поля. Для обоснования возможности удаленного обнаружения проводов ВЛ устройством предупреждения о возможности столкновения [4] была применена аналитическая математическая модель, описанная в работе [5]. Согласно ей индукция магнитного поля убывает обратно пропорционально квадрату расстояния до трехфазной ВЛ. На основе ее был проведен анализ предельного расстояния, на котором могут быть обнаружены провода при использовании типовых в РФ опор для магистральных ВЛ.

На рис. 1 приведены зависимости дальности обнаружения ВЛ от тока в линии. При этом полагаем, что сенсор магнитного поля имеет чувствительность 1 нТл, а индукция поля определяется на высоте верхнего провода линии.

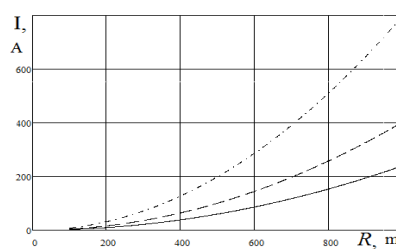


Рис. 1. Предельные расстояния обнаружения ВЛ 500, 220 и 110 кВ в зависимости от тока в линии. ——— - ВЛ 500 кВ, — — — — - ВЛ 220 кВ, — · — · — · — - ВЛ 110 кВ

Дальность обнаружения при токе в линии величиной 200 А составляет для ВЛ: 500 кВ -1000 м, 220 кВ –700 м, 110 кВ - 500 м,. Дальность обнаружения возрастает с увеличением тока в линии.

Предлагаемая схема устройства была смоделирована в программе схемотехнического проектирования Tina-Ti [6]. В качестве датчика магнитного поля был выбран магниторезистивный датчик магнитного поля фирмы Honeywell серии НМС 1021/1022 [7]. Магниторезистивный датчик преобразуют магнитное поле в дифференциальный сигнал, способный уловить изменение магнитного поля в единицы нТл.

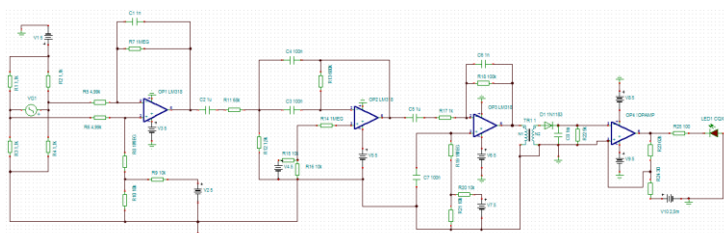


Рис. 2 – Модель схемы устройства в Tina-Ti

При воздействии на датчик магнитного поля промышленной частоты 50Гц, формируется сигнал, который проходит через полосовой фильтр, операционный усилитель, преобразуется в сигнал постоянного тока, и сигнализирует о наличии вблизи высоковольтной воздушной линии электропередач.

Заключение. В итоге можно сделать вывод, что по магнитному полю ВЛ можно обнаружить на большом расстоянии. Поскольку промышленная частота строго фиксирована, а направление поляризации поля известно, то это позволяет достаточно просто выделить сигналы от ВЛ на фоне других всегда присутствующих помех.

Литература

1. Алешин Б.С. Обеспечение безопасности полетов беспилотных авиационных систем в едином воздушном пространстве / Б.С. Алешин, В.Л. Суханов, В.М. Шibaев // Ученые записки ЦАГИ. 2011. Т. XLII. №6. С. 73-83.
2. Ефремов А.В. Методика оценки рисков человеческого фактора из-за ошибок летчика в процессе пилотирования авиационной техники / А.В. Ефремов, М.С. Тяглик, И.Х. Иргалеев, Е.В. Ефремов, Т.В. Воронка // Изв. вузов. Авиационная техника. 2020. № 2. С. 63-69.
3. Швецов А.В. Управление маршрутом беспилотного летательного аппарата / А.В. Швецов, С.В. Швецова // Изв. вузов. Авиационная техника. 2021. № 1 С.133-135.
4. Патент РФ № 150934 «Устройство для предупреждения столкновения вертолета с высоковольтными линиями электропередач». Б.К. Сивяков, А.А. Скрипкин, Д.Б. Сивяков / Опубликовано 10.03.2015 г., Бюл. №7.

5. Sivyakov B.K. Detection of the air high-voltage power lines by electric and magnetic fields of the industrial frequency / B.K. Sivyakov, Sivyakov D.B., Skripkin A.A. // Aircraft Instruments And Instrumentation Computer Complexes Russian Aeronautics (Iz. VUZ), July 2015, Volume 58, Issue 3, pp 321-324
6. Алехин В.А. Электротехника и электроника. Компьютерный лабораторный практикум в программной среде TINA. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – с. 208.
7. 1- and 2-Axis Magnetic Sensors [Электронный ресурс]. Honeywell. 2019. URL: <https://aerospace.honeywell.com/content/dam/aero/enus/documents/learn/products/sensors/datasheet/N61-2056-000-000>