

Метод производства судебной экспертизы фонограмм с использованием данных о частоте электрического тока сети

А.А. Бессонов¹, А.Г. Бояров², М.В. Степанов¹

¹ Следственный комитет Российской Федерации, Москва 119311, Россия

² Федеральное бюджетное учреждение Российский федеральный центр судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации, Москва 109028, Россия

Аннотация. В статье описаны новые для российской экспертной практики возможности технического определения аутентичности фонограммы и особенностей ее изготовления при производстве судебной экспертизы фонограмм. В основе предлагаемого метода – сравнение показателей частоты электрического тока сети, отраженных на исследуемой фонограмме, с эталонными показателями частоты электрического тока сети, учет которых ведется с помощью специального аппаратно-программного комплекса. Метод разработан румынским экспертом Каталином Григорасом в 2005 году. За рубежом при производстве фоноскопических экспертиз данный метод используется с 2009 года и получил название Electric Network Frequency (ENF) Criterion. Раскрыта сущность метода, его возможности и ограничения, практическая ценность для установления наличия либо отсутствия монтажа фонограммы, даты и времени ее изготовления. Статья предназначена для экспертов как краткое описание метода и следователей (дознавателей) для ознакомления с новыми возможностями экспертных методов.

Ключевые слова: признаки монтажа фонограмм, аутентичность фонограммы, судебная экспертиза фонограмм, фоноскопическая экспертиза, частота электрического тока сети

Для цитирования: Бессонов А.А., Бояров А.Г., Степанов М.В. Метод производства судебной экспертизы фонограмм с использованием данных о частоте электрического тока сети // Теория и практика судебной экспертизы. 2019. Том 14. № 2. С. 43–50. <https://doi.org/10.30764/1819-2785-2019-14-2-43-50>

The Electric Network Frequency Based Method of Forensic Audio Analysis

Aleksey A. Bessonov¹, Alexander G. Boyarov², Maksim V. Stepanov¹

¹ Investigative Committee of the Russian Federation, Moscow 119311, Russia

² The Russian Federal Centre of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation, Moscow 109028, Russia

Abstract. The article describes new possibilities for technical authentication of audio recordings and determination of circumstances in which they were made in the context of Russian forensic practice. The proposed method is based on comparing the frequency of the electric current in the grid reflected in the submitted audio evidence with reference electric network frequency (ENF) indicators, which are recorded on a regular basis using a specialized hardware and software suite. This method is known as the Electric Network Frequency (ENF) Criterion (developed by Romanian expert Catalin Grigoras in 2005) and has been used by forensic practitioners around the world since 2009. The paper discusses the substance of the method, its possibilities and limitations, and demonstrates its practical value in helping to establish whether an audio recording was tampered with, as well as the date and time it was made. The article is intended for experts as a summary of the method, and for investigators to familiarize themselves with the new possibilities of scientific methodology.

Keywords: *Electric Network Frequency, audio editing detection, audio evidence authenticity, forensic examination of audio recordings, forensic audio analysis, electric power grid frequency, ENF analysis*

For citation: Bessonov A.A., Boyarov A.G., Stepanov M.V. The Electric Network Frequency Based Method of Forensic Audio Analysis. *Theory and Practice of Forensic Science*. 2019. Vol. 14. No. 2. P. 43–50. (In Russ.). <https://doi.org/10.30764/1819-2785-2019-14-2-43-50>

Введение

В судопроизводстве фонограммы широко используются в качестве доказательства, в связи с чем нередко становятся объектами криминалистических исследований. Развитие цифровых технологий привело к увеличению спектра технических средств аудиозаписи: к традиционно используемым для записи аудиоинформации средствам – магнитофонам и диктофонам – добавились мобильные телефоны и смартфоны с функцией аудиозаписи, компьютеры и планшеты и пр.

Техническое исследование фонограмм на предмет установления признаков монтажа и изменений ее первоначального содержания становится все более сложной задачей. Требуются новые экспертные подходы, одним из которых может стать метод исследования фонограмм с использованием анализа частоты электрического тока. Частота электрического тока является одним из параметров качества электрической энергии и важнейшим параметром электроэнергетического режима энергосистемы, отражающим текущее состояние баланса генерируемой и потребляемой активной мощности. Рассмотрим возможность использования частоты электрического тока в фоноскопии на примере Единой энергетической системы России (далее – ЕЭС России).

Описание метода

Под электроэнергетической системой (энергосистемой) понимается совокупность электрических станций, электрических сетей и энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии в условиях централизованного оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике¹.

Энергосистема Российской Федерации – это ЕЭС России, которая включает шесть объединенных энергосистем (далее – ОЭС) – Центра, Средней Волги, Урала, Северо-Запада, Юга и Сибири, и территориально изолированные энергосистемы (Чукотский автономный округ, Камчатский край, Сахалинская и Магаданская область,

Норильско-Таймырский и Николаевский энергорайоны, энергосистемы центральной и северной частей Республики Саха (Якутия))². Объединенные энергосистемы нашей страны работают синхронизировано с ОЭС Украины, ОЭС Казахстана, ОЭС Белоруссии, энергосистемами Эстонии, Латвии, Литвы, Грузии и Азербайджана, а также с NORDEL (связь с Финляндией осуществляется через вставку постоянного тока в Выборге). Энергосистемы Белоруссии, России, Эстонии, Латвии и Литвы образуют так называемое Электрическое кольцо БРЭЛЛ, работа которого координируется в рамках подписанного в 2001 году соглашения о параллельной работе энергосистем БРЭЛЛ.

Все энергосистемы ЕЭС России соединены межсистемными высоковольтными линиями электропередачи напряжением 220 В – 500 кВ и выше, работают в синхронном режиме (параллельно) и охватывают практически всю густонаселенную территорию страны.

В соответствии с п. 11 «Правил технологического функционирования электроэнергетических систем», утвержденных постановлением правительства Российской Федерации от 13.08.2018 № 937, стандарт ЕЭС России – усредненная на 20-секундном временном интервале номинальная частота электрического тока $50 \pm 0,05$ герц (Гц) с допустимым отклонением в пределах $50 \pm 0,2$ Гц и восстановлением частоты до указанного уровня не более чем за 15 минут. При этом такие значения частоты электрического тока должны быть не менее 95 % времени суток и восстанавливаться в случае изменения не более чем за 72 минуты³.

Вместе с тем возникающие в работе ЕЭС России колебания мощности, вызванные нестабильностью потребления либо отключением генерирующего оборудования, линий электропередачи и других элементов энергосистемы, приводят к некоторым отклонениям частоты электрического тока от номинального уровня. В свою очередь электромагнитное поле ЕЭС России создает дополнительное напряжение в проводниках звукозаписывающей аппаратуры, что отражается на фонограмме (как аналоговой, так и цифровой) в виде следов электросетевой

¹ Статья 3.116 ГОСТ Р 57114-2016 «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Электроэнергетические системы. Оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике и оперативно-технологическое управление. Термины и определения» // СПС «КонсультантПлюс».

² Сайт Министерства энергетики Российской Федерации. <https://minenergo.gov.ru/node/532> (дата обращения: 20.12.2018).

³ Собрание законодательства Российской Федерации. 20.08.2018. № 34. Ст. 5483.

наводки с информацией о частоте электрического тока.

При исследовании звукозаписей на наличие признаков монтажа впервые в российской экспертной практике использован метод, в основе которого лежит анализ частоты электросетевой наводки. Метод основан на знаниях из разных областей, в том числе функционирования электросетей, а получаемые с его помощью результаты надежны, наглядны и легко интерпретируемы. Поскольку частота электрического тока изменяется случайным образом во времени, а все региональные энергосистемы России (за исключением технологически изолированных энергосистем) соединены в единую энергетическую систему и работают в синхронном режиме, характер изменения частоты электрического тока уникален для каждого конкретного момента времени на территории ЕЭС России.

В мировой экспертной практике использовать этот метод (Electric Network Frequency (ENF) Criterion) впервые предложил румынский эксперт Каталин Григорас (Catalin Grigoras) в 2005 году [1]. В 2009 году выпущены методические рекомендации для практического использования – Best practice guidelines for ENF analysis in forensic authentication of digital evidence

[2]. На сегодняшний день это единственные методические рекомендации ENFSI⁴ для анализа аутентичности звукозаписей. Поскольку ранее данный метод был опробован только применительно к сетям зарубежных стран [3–10], в частности стран Европейского союза и США, в 2014–2017 годах Министерством юстиции России и Следственным комитетом Российской Федерации (СК РФ) проведено исследование возможности его использования в нашей стране.

Апробация метода

На первом этапе произведена одновременная запись звуковых сигналов в разных городах (Москве и Санкт-Петербурге), расстояние между которыми более 600 километров. На рис. 1 изображены спектрограммы этих двух записей. Несмотря на то что на одной из них гармоника частоты электрического тока обнаружена на частоте 50 Гц, а на другой – 100 Гц, их форма схожа.

В экспертной практике на фонограммах часто присутствуют гармоники, кратные частоте электрической сети 50 Гц, то есть 100 Гц, 150 Гц, 200 Гц и т. д. Данные гармо-

⁴ European Network of Forensic Science Institutes (Европейская сеть судебно-экспертных учреждений). <http://enfsi.eu/>

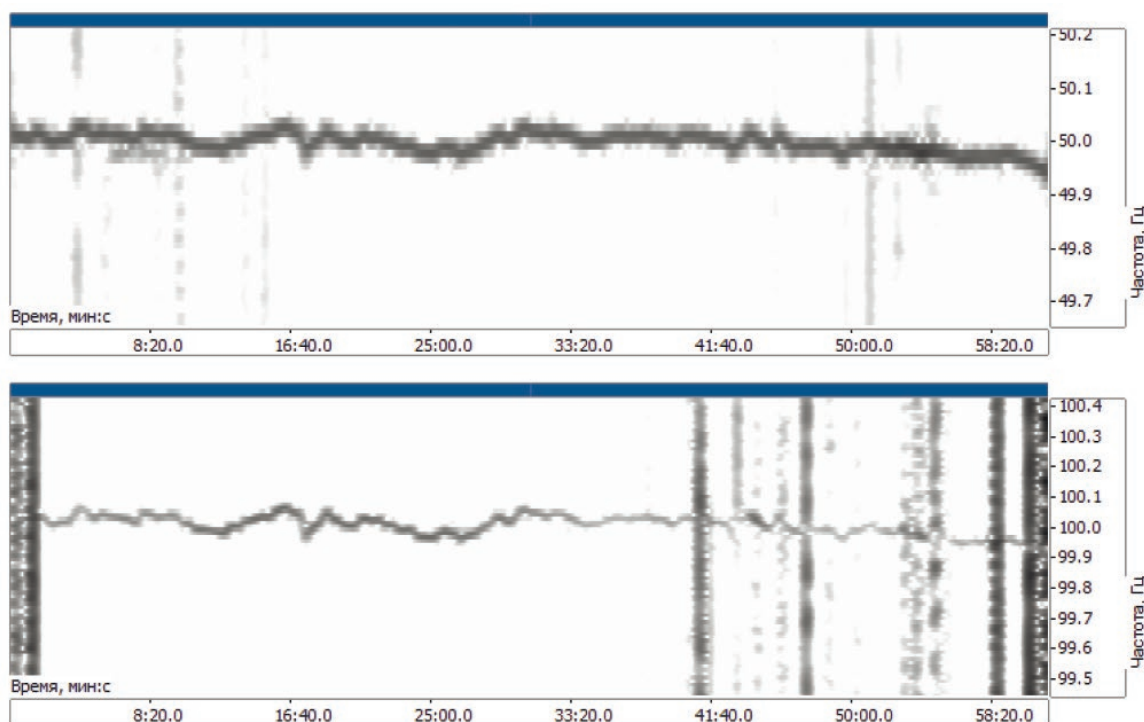


Рис. 1. Спектрограммы записей, произведенных в Москве (верхняя) и Санкт-Петербурге (нижняя) 6 мая 2014 года с 14:12 до 15:14

Fig. 1. Spectrograms of audio recordings made in Moscow (top) and Saint Petersburg (bottom) on May 6, 2014 between 2:12 p.m. and 3:14 p.m.



Рис. 2. Аппаратно-программный комплекс мониторинга значений частоты электросети

Fig. 2. Specialized hardware and software system for monitoring of electric network frequency

нические составляющие появляются на фонограмме при недостаточной экранировке устройства звукозаписи от работающих поблизости различных приборов и механизмов (кондиционеров, двигателей, бытовых приборов, освещения и т. д.) и линий электросети.

Второй этап включал установку в Москве станции ENF-Server со специальным программным обеспечением для измерения частоты электрического тока (рис. 2). Частота электрического тока измерялась один раз в

секунду с точностью измерения одна тысячная Герца. Данный аппаратно-программный комплекс позволяет:

- а) сохранять измерения частоты электрического тока с указанием времени измерений в базе данных на внутреннем носителе с резервным сохранением;
- б) синхронизировать время по радиосигналам точного времени;
- в) экспортировать базу данных за интересующий период времени на внешний носитель, подключаемый через порт USB;
- г) производить удаленное подключение для получения доступа к хранящейся на нем базе данных.

Для сравнительного исследования 31 июля 2014 г. в Новосибирске произведена запись фонограммы, а в Москве в это же время зафиксированы контрольные значения частоты электрического тока (50 Гц) с помощью указанного устройства. Гармоника наводки от электрического тока на фонограмме и график частоты электрического тока совпали (рис. 3).

На третьем этапе в 2016 году проведено тестирование данного метода с участием экспертов Минюста России и СК РФ. Произведено более 70 фонограмм в 15 городах России. Наиболее удаленным от Москвы регионом оказался Иркутск (4220 км). Эксперимент показал, что данный метод работает на территории единой энергетической системы: для всех фонограмм была надежно установлена точная дата и время начала записи.

Эталонные значения частоты электрического тока для сравнительного исследования можно получить двумя путями: либо запросить у электросетевой компании, либо записать с помощью аппаратно-программного комплекса ENF-Server. В настоящее время в России при производстве

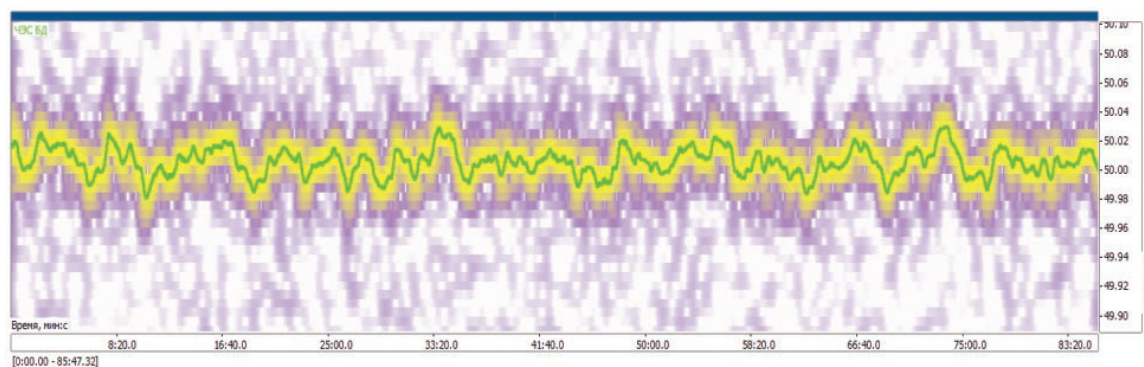


Рис. 3. Спектрограмма аудиозаписи, произведенной в Новосибирске, и график (зеленого цвета) частоты электрического тока, полученный в Москве

Fig. 3. Spectrograms of audio recordings made in Novosibirsk and the electric network frequency curve (green) obtained in Moscow

фоноскопических экспертиз этот метод используется в двух экспертных ведомственных структурах – сети судебно-экспертных учреждений Минюста России (сведения запрашиваются у электросетевой компании) и СК РФ (данные фиксируются с помощью указанного аппаратно-программного комплекса). С использованием ENF-Server экспертами СК РФ проведено исследование более двухсот фонограмм. Использование экспертами данного комплекса имеет ряд преимуществ: а) оперативность проведения исследования (не нужно ждать данные от электросетевой компании); б) возможность проверки дат по большому массиву данных без привязки к определенным диапазонам (зачастую не всегда имеется возможность установить даже приблизительные дату и время производства звукозаписи).

Все существующие методы поиска признаков монтажа и других изменений имеют ограничения в области применения. Есть они и у рассматриваемого метода. Первое и самое важное ограничение заключается в том, что на фонограмме должны быть зафиксированы следы электросетевой наводки, которые, к сожалению, не всегда сохраняются в процессе записи. Второе ограничение – длительность записи. Для установления времени записи требуется индивидуальная последовательность значений частоты электрической сети, которая формируется лишь на фонограммах определенной длительности.

Длительность звукового фрагмента со следами электросетевой наводки, достаточная для определения даты и времени записи, установлена экспериментальным путем. Так, одну запись продолжительностью более 25 минут разбили на фрагменты разной длительности. Для каждого фрагмента определили время начала записи. В качестве эталонных сведений использовалась база данных частоты электрического тока за 2016 год, из которой было выбрано и объединено 365 файлов для каждого дня года, содержащих результаты измерений частоты,

производившихся один раз в секунду. Таким образом получили набор данных для 8760 часов, состоявший из 31536000 значений частоты. Сравнимый фрагмент представлял собой звукозапись радио BBC, произведенную на компьютере, на которой следы электросетевой наводки отобразились на частоте 100 Гц. Для анализа из данной записи были выбраны по 20 фрагментов различной длительности (3, 4 и 5 минут). Эти фрагменты нарезались из записи со смещением в одну минуту. Последовательность значений частоты электрического тока, вычисленная по изученной фонограмме, сравнивалась с эталонными значениями частоты электрического тока, полученными с помощью устройства измерения частоты. Для последовательности в программе OTEExpert осуществлялся поиск наиболее близкого фрагмента из базы данных. При этом функция близости вычислялась как сумма модулей разности значений. В результате поиска определялось время начала записи фонограммы. Результаты получились следующие: для фрагментов длительностью 3 минуты правильно определены дата и время для 6 из 20 фрагментов, 4 минуты – для 18 из 20 фрагментов, 5 минут – для всех 20 фрагментов.

Таким образом, дата и время всегда определяются для фрагментов длительностью 5 минут и более, почти всегда для фрагментов длительностью 4 минуты и плохо для фрагментов длительностью 3 минуты и менее.

Экспериментальным путем оценивали и зависимость достоверности определения даты и времени звукозаписи от объема базы данных частоты электрического тока. С этой целью эксперимент был проведен с 4 различными по длительности базами данных значений частоты электрического тока: 366 дней, 31 день, 3 дня и один день. Результаты представлены в таблице.

Из этого эксперимента следует второй вывод: длительности 4 минуты хватает для достоверного поиска в массиве продол-

Таблица. Зависимость достоверности определения даты и времени звукозаписи в зависимости от объема базы данных частоты электрического тока
Table. Reliability of audio timestamping depending on the volume of electric network frequency data in the database

Продолжительность исследуемого фрагмента записи, мин.	Длительность эталонных сведений частоты электрического тока из базы данных, в днях			
	366	31	3	1
3	6 из 20	15 из 20	18 из 20	20 из 20
4	18 из 20	20 из 20	20 из 20	20 из 20
5	20 из 20	20 из 20	20 из 20	20 из 20

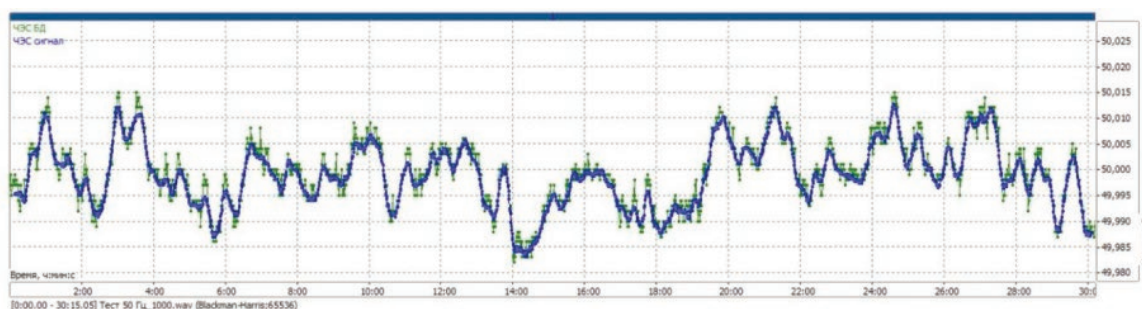


Рис. 4. Сравнение графика частоты электрического тока из базы данных и графика частоты наводки, зафиксированной на непрерывной фонограмме

Fig. 4. Comparing an electric network frequency curve from the database with the ENF curve extracted from a continuous audio recording

жительностью один месяц, а при установленной дате записи и для фрагментов длительностью 3 минуты во всех случаях время было определено точно.

Сравнение эталонной частоты электрического тока, зафиксированной в базе данных (например, с помощью аппаратно-программного комплекса ENF-Server), со следами частоты электросетевой наводки на исследуемой фонограмме позволяет делать научно обоснованные выводы о непрерывности фонограммы (рис. 4 и 5).

Этапы исследования

Метод производства судебных экспертиз фонограмм с использованием частоты электрического тока состоит из нескольких этапов.

Первый этап – подготовка к анализу. Во-первых, это обработка сигнала на исследуемой аудиозаписи, включающая: а) пре-

образование исследуемой фонограммы с понижением частоты дискретизации; б) приведение записи в тот же формат, что и эталонная частота электрического тока из базы данных; в) спектральный анализ высокого порядка для визуализации сигнала, расчет частоты. Во-вторых, получение из базы данных соответствующей информации об эталонной частоте электрического тока, которая должна соответствовать следующим требованиям: быть достоверной по времени, дате и значению частоты. Если предстоит установить время и дату исследуемой записи, то в зависимости от ориентирующей информации, полученной от органа, назначившего экспертизу, выбирается определенный по времени объем эталонных сведений из базы данных частоты электрического тока (он может составлять сведения за неделю, месяц, год, несколько лет).

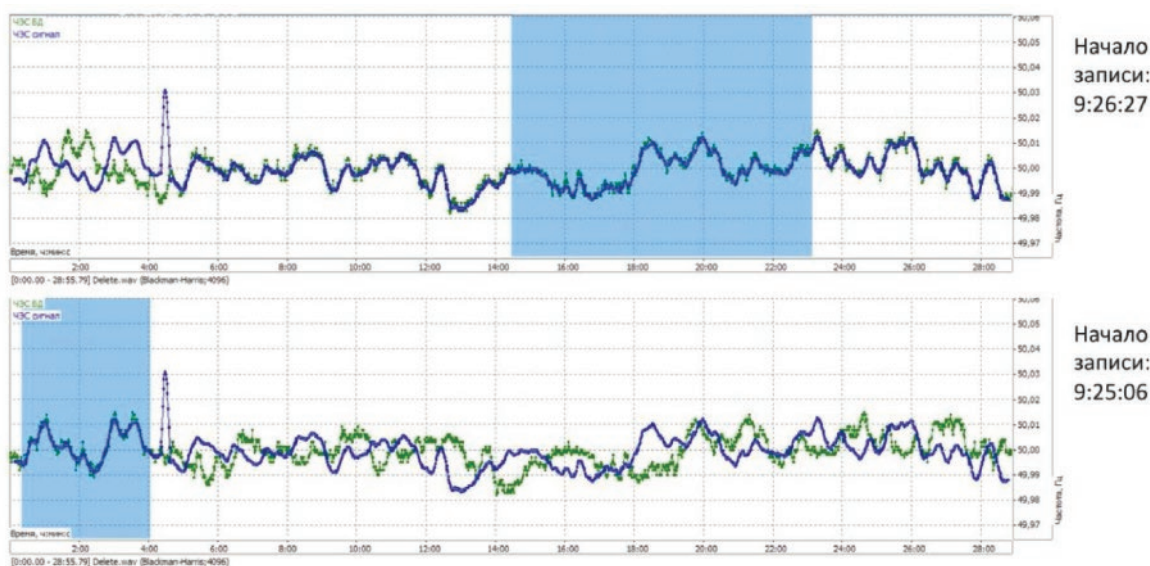


Рис. 5. Сравнение графика частоты электрического тока из базы данных и графика частоты наводки, зафиксированной на смонтированной фонограмме

Fig. 5. Comparing an electric network frequency curve from the database with the ENF curve extracted from an altered audio recording

На втором этапе применяется алгоритм поиска и сравнения частоты электрического тока на исследуемой записи и значений частоты электрического тока из базы данных, после чего следует анализ и интерпретация полученных результатов.

В качестве программного обеспечения для производства такого криминалистического исследования можно рекомендовать специальное программное обеспечение OTExpert, в котором имеется специальный блок ENF-Expert, предназначенный для выделения, анализа и поиска следов электросетевых наводок в исследуемой фонограмме, сравнения этих следов со сведениями из базы данных, полученных от комплекса ENF-Server или электросетевых компаний.

Заключение

Описанный метод позволяет в ходе экспертного исследования учитывать уникальный для конкретного момента времени на всей территории России характер изменения частоты электрического тока. Сравнение графика изменения частоты электрического тока на фонограмме с графиком частоты электрического тока, фиксируемой специальной аппаратурой и накапливаемой в базе данных, позволяет эксперту установить непрерывность фонограммы, а также реальную дату и время записи, что невозможно получить другими инструментальными методами анализа фонограмм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Grigoras C. Digital Audio Recording Analysis: The Electric Network Frequency (ENF) Criterion. *International Journal of Speech, Language and the Law*. 2005. Vol. 12. No. 1. P. 63–76. <https://doi.org/10.1558/sll.2005.12.1.63>
2. Grigoras C., Cooper A.J., Michałek M. Forensic Speech and Audio Analysis Working Group – Best Practice Guidelines for ENF Analysis in Forensic Authentication of Digital Evidence. *Proceedings of the Forensic Speech and Audio Analysis Working Group. ENFSI FSAAWG Steering Committee on June 2nd, 2009*. P. 1–10. http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/forensic_speech_and_audio_analysis_wg_-_best_practice_guidelines_for_enf_analysis_in_forensic_authentication_of_digital_evidence_0.pdf (дата обращения 01.02.2019).
3. Grigoras C. Applications of ENF Criterion in Forensic Audio, Video, Computer and Telecommunication Analysis. *Forensic Science International*. 2007. Vol. 167. No. 2–3. P. 136–145. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2006.06.033>
4. Korycki R. Methods of Time-Frequency Analysis in Authentication of Digital Audio Recordings. *International Journal of Electronics and Telecommunications*. 2010. Vol. 56. No. 3. P. 257–262. <https://doi.org/10.2478/v10177-010-0033-0>
5. Cooper A.J. An Automated Approach to the Electric Network Frequency (ENF) Criterion – Theory and Practice. *International Journal of Speech Language and the Law*. 2010. Vol. 16. No. 2. <https://doi.org/10.1558/ijssl.v16i2.193>
6. Cooper A.J. Further Considerations for the Analysis of ENF Data for Forensic Audio and Video Applications. *International Journal of Speech Language and the Law*. 2011. Vol. 18. No. 1. <http://dx.doi.org/10.1558/ijssl.v18i1.99>
7. Ojowu O., Karlsson J., Li J., Liu Y. ENF Extraction From Digital Recordings Using Adaptive Techniques and Frequency Tracking. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*. 2012. Vol. 7. No. 4. P. 1330–1338. <http://dx.doi.org/10.1109/tifs.2012.2197391>
8. Huijbregtse M., Geradts Z.J.M.H. Using the ENF Criterion for Determining the Time of Recording of Short Digital Audio Recordings. In: Geradts Z.J.M.H., Franke K.Y., Veenman C.J. (eds.) *Computational Forensics. International Workshop on Computational Forensics 2009. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 5718. Springer, Berlin, Heidelberg. P. 116–124. http://doi.org/10.1007/978-3-642-03521-0_11
9. Saric Z., Zunic A., Zrnic T., Knezevic M., Despotovic D., Delic T. Improving Location of Recording Classification Using Electric Network Frequency (ENF) analysis. *2016 IEEE 14th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*. (Subotica, Serbia, 29–31 August, 2016). P. 51–56. <http://dx.doi.org/10.1109/sisy.2016.7601517>
10. Kajstura M., Trawinska A., Hebenstreit J. Application of the Electrical Network Frequency (ENF) Criterion. *Forensic Science International*. 2005. Vol. 155. No. 2–3. P. 165–171. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2004.11.015>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бессонов Алексей Александрович – д. ю. н., доцент, руководитель управления научно-исследовательской деятельности (научно-исследовательского института криминалистики) Главного управления криминалистики (Криминалистического центра) Следственного комитета Российской Федерации; e-mail: bestallv@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS

Bessonov Aleksey Aleksandrovich – Doctor of Law, Associate Professor, Head of the Science & Research Department (Research Institute of Criminalistics) of the General Directorate of Criminalistics (Criminalistics Center) of the Investigative Committee of the Russian Federation; e-mail: bestallv@mail.ru

Бояров Александр Григорьевич – старший эксперт лаборатории судебной экспертизы видео- и звукозаписей Российского федерального центра судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации;
e-mail: sass2002@yandex.ru

Степанов Максим Валерьевич – руководитель отдела фоноскопических исследований управления организации экспертно-криминалистической деятельности Главного управления криминалистики (Криминалистического центра) Следственного комитета Российской Федерации; e-mail: Stepanov_mv@Sledcom.ru

Boyarov Alexander Grigoryevich – Senior State Forensic Examiner of the Laboratory of Forensic Video and Audio Analysis of the Russian Federal Centre of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation;
e-mail: sass2002@yandex.ru

Stepanov Maksim Valer'evich – Head of the Audio Forensics Division of the Department of Organization of Expert Activities of the General Directorate of Criminalistics (Criminalistics Center) of the Investigative Committee of the Russian Federation; e-mail: Stepanov_mv@Sledcom.ru

Статья поступила: 18.04.2019

Received: 18.04.2019