

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-9-569-574>

УДК 613.6.02:613.647

© Коллектив авторов, 2020

Рубцова Н.Б., Перов С.Ю., Белая О.В., Коньшина Т.А.

Новые возможности гигиенической оценки электромагнитной обстановки на рабочих местах персонала электросетевых объектов

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», проспект Буденного, 31, Москва, 105275, Россия

Введение. Электромагнитная безопасность человека при эксплуатации электросетевых объектов требует исключения вредного воздействия электромагнитных полей (ЭМП). ЭМП оцениваются по уровням электрического и магнитного полей (ЭП и МП) 50 Гц в рамках специальной оценки условий труда, и крайне редко анализ электромагнитной обстановки (ЭМО) осуществляется углубленно. **Цель исследования** — гигиеническая оценка ЭМО на рабочих местах персонала электросетевых объектов сверхвысокого напряжения с адекватной оценкой уровней напряженности ЭП и МП частотой 50 Гц и анализом амплитудно-частотных характеристик ЭП и МП в диапазоне частот 5–500 Гц.

Материалы и методы. Оценка уровней ЭП и МП частотой 50 Гц осуществлялась на открытых распределительных устройствах (ОРУ) подстанций и в пределах санитарных разрывов воздушных линий электропередачи (ВЛ) напряжением 500 и 750 кВ. Измерения в зоне прохождения ВЛ проводили с применением «матричного» метода. На ОРУ 500 и 750 кВ выполнены измерения и анализ амплитудно-частотных характеристик ЭП и МП в диапазоне частот 5–500 Гц.

Результаты. Измерения уровней ЭП и МП промышленной частоты (ПЧ) 50 Гц на наземных рабочих местах персонала ОРУ 500 и 750 кВ показали наличие превышения ПДУ для условий производственных воздействий по напряженности ЭП и отсутствие превышения по МП. Измеренные уровни ЭП в пределах санитарных разрывов ВЛ 500 и 750 кВ требуют ограничения времени работы линейного персонала в связи с превышением ПДУ для всей рабочей смены, тогда как уровни МП ПЧ практически полностью укладывались в нормативные значения для лиц, профессионально не связанных с обслуживанием электроустановок.

Анализ спектральных характеристик ЭП и МП в диапазоне частот 50–500 Гц показал, что в процентном соотношении от основной уровень 3-й гармоники не превышал 2,5% для ЭП и 6% для МП, уровень 5-й гармоники не превышал 1% для ЭП и 3,5% для МП, уровень 7-й гармоники не превышал 0,2% для ЭП и 0,8% для МП, что несмотря на невысокие уровни свидетельствует о вкладе различных гармоник МП в возможное неблагоприятное влияние на человека, чем соответствующих гармоник ЭП.

Заключение. Наряду с подтверждением ранее обоснованного применения «матричной» схемы измерений уровней ЭП и МП ПЧ вдоль трасс прохождения ВЛ, показана актуальность оценки возможного риска для здоровья воздействия всех частотных составляющих ЭП и МП, генерируемых ОРУ и ВЛ сверхвысокого напряжения, исходя из международных рекомендаций в связи с отсутствием в РФ гигиенических регламентов ЭП и МП в диапазоне частот >50 Гц–30 кГц.

Ключевые слова: электромагнитная обстановка; электрическое поле; магнитное поле; промышленная частота; гигиеническая оценка; гармоники

Для цитирования: Рубцова Н.Б., Перов С.Ю., Белая О.В., Коньшина Т.А. Новые возможности гигиенической оценки электромагнитной обстановки на рабочих местах персонала электросетевых объектов. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60(9). <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-9-569-574>

Для корреспонденции: Рубцова Нина Борисовна, гл. науч. сотр. ФГБНУ «НИИ МТ», д-р биол. наук, проф. E-mail: rubtsovanb@yandex.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 15.06.2020 / Дата принятия к печати: 12.08.2020 / Дата публикации: 07.10.2020

Nina B. Rubtsova, Sergey Yu. Perov, Olga V. Belaya, Tatiana A. Konshina

New aspects of power grid facilities personnel workplaces electromagnetic environment

Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budyonnogo Ave., Moscow, Russia, 105275

Introduction. Electromagnetic safety of power grid facilities staff requires the exclusion of electromagnetic fields (EMF) harmful effects. EMF is evaluated by 50 Hz electric and magnetic fields (EF and MF) values in the framework of working conditions special assessment, and very rarely the analysis of the electromagnetic environment (EME) is carried out in depth.

The aim of the study — EME hygienic assessment of power grid EHV facilities personnel workplace with adequate 50 Hz EF and MF levels evaluation as well as the analysis of EF and MF in the frequency range from 5 Hz to 500 Hz amplitude-frequency characteristics.

Materials and methods. 50 Hz EF and MF values assessment was carried out on open switchgears (S) of substations and within sanitary breaks of 500 and 750 kV overhead power transmission lines (OTL). Measurements along OTL trasses was performed using matrix-based method. Measurements and analysis of EF and MF values in 5–500 Hz frequency range amplitude-frequency characteristics were performed in the territory of 500 and 750 kV S.

Results. Power frequency 50 Hz measurements results at 500 and 750 kV S ground-level personnel workplaces showed the presence of an excess of permissible limit values by EF intensity and the absence of an excess by MF. The measured EF values within 500 and 750 kV OTL sanitary gaps require limiting the working time of linemen due to the excess of the hygienic norms for full work shift, while the MP levels were almost completely within the standard values for persons not occupationally connected with electrical installations maintenance. MF and EF frequency range from 50 Hz to 500 Hz spectral characteristics analysis showed that 3rd harmonic percentage does not exceed 2.5% for EF and 6% for MF of the main level, the level of the 5th harmonic does not exceed 1% for EF and 3.5% for MF, the level of the 7th harmonic does not exceed 0.2% for EF and 0.8% for MF. These data show despite its low levels the contribution of MF different harmonics in a possible adverse impact on humane than EF corresponding harmonics.

Conclusions. There was the confirmation of the previously justified use of the "matrix" scheme for of EF and MF values measurement along OTL routes. The relevance of to EF and MF all frequency components expos ure assessing possible health risk in extremely high voltage S territories and under OTL, based on international recommendations due to the lack of sanitary regulations in the Russian Federation for >50 Hz–30 kHz EF and MF, is shown.

Key words: electromagnetic environment; electric field; magnetic field; power frequency; hygienic evaluation; harmonics

For citation: Rubtsova N.B., Perov S.Yu., Belaya O.V., Konshina T.A. New aspects of power grid facilities personnel workplaces

electromagnetic environment. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60(9). <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-9-569-574>

For correspondence: Nina B. Rubtsova, Dr. of Sci. (Biol.), Professor, Chief Scientist. E-mail: rubtsovanb@yandex.ru

Funding. The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Information about authors:

Rubtsova N.B. <https://orcid.org/0000-0001-6306-777X> Perov S.Yu. <https://orcid.org/0000-0002-6903-4327>

Belaya O.V. <https://orcid.org/0000-0003-3937-4950> Konshina T.A. <https://orcid.org/0000-0003-0004-9886>

Received: 15.06.2020 / Accepted: 12.08.2020 / Published: 07.10.2020

Введение. Обеспечение защиты здоровья человека от неблагоприятного влияния факторов антропогенной природы является одной из важных проблем безопасности производственной и окружающей среды. Актуальным является исключение вредного воздействия электромагнитных полей (ЭМП), уровни которых на рабочих местах персонала и в местах пребывания населения могут превышать предельно допустимые значения (ПДУ), установленные соответствующими гигиеническими нормативами. Основными источниками электрических и магнитных полей (ЭП и МП) промышленной частоты (ПЧ) 50 Гц являются электросетевые объекты высокого, сверхвысокого и ультравысокого напряжения. Обеспечение электромагнитной безопасности электропередач включает в себя два основных направления: снижение потенциального негативного воздействия ЭП и МП ПЧ на работающих и снижение их влияния на население. При этом особое внимание заслуживает риск воздействия МП ПЧ на население, которые с 2002 г. Международным агентством по исследованию рака отнесены к категории “2b” — потенциальным факторам риска по лейкозам для детей [1].

Защита временем реализована в действующих в РФ гигиенических регламентах, основанных на дозоэффективной зависимости влияния ЭП и МП на организм, и устанавливает для работающих предельно допустимые уровни (ПДУ) в зависимости от времени экспозиции [2]. Для населения защита временем реализована в диапазоне 50 Гц, когда в зависимости от возможного времени пребывания населения ПДУ меняются от наиболее строгих (при вероятности круглосуточного воздействия) до наименее строгих [3, 4]. Защита расстоянием обеспечивается для населения преимущественно путем организации санитарно-защитных зон (зон ограничения) [5].

В доступной научной литературе имеется достаточное количество публикаций по гигиенической оценке ЭП и МП ПЧ на рабочих местах персонала и в местах проживания населения, в том числе отечественные исследования, выполненные в последние годы. В этих работах предлагаются различные способы и варианты суммарной оценки их ЭП и МП ПЧ [6–9], в том числе с использованием метода «суммарной дозиметрии», который был разработан в ФГБНУ «НИИ МТ» [9] и позволяет определить «экспозиционную нагрузку электрической и магнитной составляющих ЭМП ПЧ на персонал с учетом обоих интенсивностно-временных параметров. Для лиц, профессионально не связанных с обслуживанием и эксплуатацией источников ЭМП ПЧ, рассматриваются суммарные уровни воздействия ЭП и МП частотой 50 Гц от всех типов источников (как правило, мало-

мощных) [8, 10] или с учетом общей электромагнитной обстановки вблизи трасс прохождения ВЛ высокого и сверхвысокого напряжения [6]. Для гигиенической оценки уровней ЭП 50 Гц в трассах прохождения ВЛ напряжением 330 кВ и выше до настоящего времени действуют методические указания, утвержденные еще в 1986 г. [11], в которых рассматривается лишь электрическая составляющая, а магнитная составляющая просто не учитывается. Таким образом, при проведении исследований по гигиенической оценке ЭМП на рабочих местах персонала электросетевых объектов применяемые в настоящее время методы не дают полной и адекватной оценки реальных условий экспозиции работающих ЭМП. Адекватная оценка ЭМО на рабочих местах требует более детального анализа всех спектральных характеристик ЭМП, т.к. по имеющимся отдельным литературным данным в ЭМО и по электрической, и по магнитной составляющим могут вносить вклад и более высокие гармоники частоты 50 Гц. В этом плане представляет интерес исследование по анализу характера распределения МП в жилых зданиях, в котором отмечено, что в спектре МП ПЧ появляются высшие гармонические составляющие — МП ПЧ носит несинусоидальный характер. Для случая профессиональных воздействий на рабочих местах персонала электросетевых объектов такой анализ носил чисто теоретический характер [12] и базировался на результатах расчетов, а детальный анализ, построенный на данных измерений, не осуществлялся.

Цель исследования — гигиеническая оценка электромагнитной обстановки на рабочих местах персонала электросетевых объектов сверхвысокого напряжения (подстанций и воздушных линий электропередачи напряжением 500 и 750 кВ) с адекватной оценкой уровней напряженности ЭП и МП частотой 50 Гц и анализ амплитудно-частотных характеристик электрического и магнитного полей в диапазоне частот 5–500 Гц на этих рабочих местах.

Материалы и методы. Выполнены измерения уровней ЭП и МП частотой 50 Гц на наземных рабочих местах персонала открытых распределительных устройств (ОРУ) напряжением 750 кВ и 500 кВ; в пределах санитарно-защитных зон воздушных линий электропередачи (ВЛ) напряжением 500 кВ и ВЛ 750 кВ и анализ амплитудно-частотных характеристик электрического и магнитного полей в диапазоне частот 5–500 Гц на ОРУ 500 и 750 кВ.

Измерения уровней ЭП и МП ПЧ на ОРУ проводились на наземных рабочих местах и в возможных местах пребывания персонала. В каждой точке измерения уровней ЭП и МП ПЧ

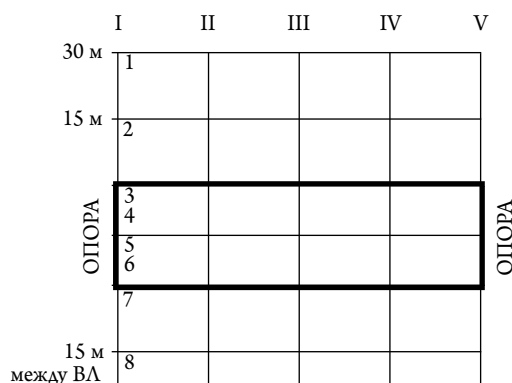


Рис. 1. Схема мест измерения в пролете ВЛ 500 кВ
Fig. 1. Diagram of measurement points in the 500 kV overhead line span

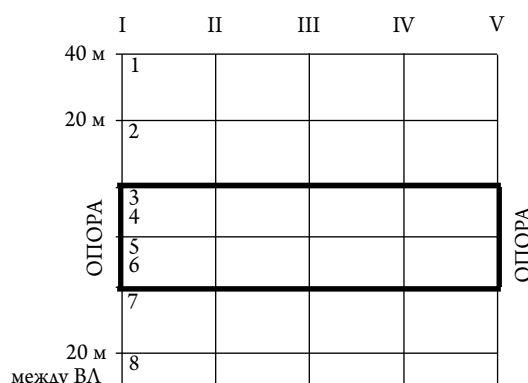


Рис. 2. Схема мест измерения в пролете ВЛ 750 кВ
Fig. 2. Diagram of measurement points in the 750 kV overhead line span

осуществлялись на высоте 0,5 м, 1,5 м и 1,7 м от поверхности земли. Измеренные значения протоколировались.

Измерения уровней ЭП и МП частотой 50 Гц в пределах санитарно-защитных зон (санитарных разрывов) ВЛ осуществлялись с применением методики «матричной оценки», разработанной ранее в ФГБНУ «НИИ МТ», позволяющей произвести гигиеническую оценку двух составляющих ЭМП в пределах СЗЗ для ВЛ 500 кВ и ВЛ 750 кВ. Схемы проведения измерений в пределах пролета ВЛ 500 кВ и ВЛ 750 кВ представлены на рисунках 1 и 2, соответственно. Согласно методике проведения измерений т.т. 3 и 7 размещались непосредственно под проекциями проводов ВЛ крайних фаз, т. 5 — под проекцией провода средней фазы, т.т. 4 и 6 — между проекциями проводов крайних и средней фаз.

В укороченных пролетах измерения проводились только у опор и в середине пролета. В части пролетов ВЛ 500 кВ измерения проводились под крайними, средней фазами и на расстояниях 15 и 30 м от проекции проводов крайних фаз, для ВЛ 750 кВ — под крайними, средней фазами и на расстояниях 20 и 40 м от проекции проводов крайних фаз. В каждой точке измерения уровней ЭП и МП 50 Гц осуществлялись на высоте 0,5 м, 1,5 м и 1,7 м от поверхности земли. Измеренные значения протоколировались.

Во всех случаях измеренные уровни напряженности ЭП ПЧ пересчитывались на максимальное рабочее напряжение (U) путем умножения измеренных значений на отношение $U_{\max}/U$, где U — напряжение источника при измерениях. Измеренные уровни МП ПЧ пересчитывались на максимальный рабочий ток (I) путем умножения измеренных значений на отношение $I_{\max}/I$, где I — ток источника при измерениях (в соответствии с ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 [4] и Сан-ПиН 2.2.4.3359-16 [2]).

Измерения напряженности ЭП ПЧ проводились посредством измерителя напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50 и измерителя электромагнитных полей NARDA EFA-300 с антенной E-FIELD №Z-0204. Измерения магнитной индукции МП ПЧ осуществлялись посредством измерителя электромагнитных полей NARDA EFA-300 с антенной B-FIELD № AV-0147.

Для регистрации спектральных характеристик ЭП и МП ПЧ в отдельных точках измерений использовались компактный анализатор электромагнитных полей NARDA EHP-50F и измеритель электромагнитных полей NARDA EFA-300 с антенной E-FIELD. Удаленная регистрация данных проводилась с помощью оптоволоконного кабеля и специализированного программного обеспечения.

Результаты и обсуждение. Результаты проведенных измерений уровней электрического и магнитного полей промышленной частоты 50 Гц на наземных рабочих местах персонала ОРУ 750 кВ и 500 кВ показали наличие превышения ПДУ для условий производственных воздействий по напряженности электрического поля и отсутствие превышения по магнитной индукции.

Превышение ПДУ напряженности ЭП ПЧ для всей рабочей смены (5 кВ/м) на ОРУ 750 кВ зарегистрировано на высоте 1,7 м от поверхности земли в 83% мест возможного пребывания персонала, причем в 7,0% случаев напряженность ЭП ПЧ превышает 25 кВ/м, тогда как превышений ПДУ по магнитной составляющей выявлено не было. Наибольший уровень напряженности ЭП ПЧ составил 35,27 кВ/м, магнитной индукции, рассчитанный для наихудшего случая при нагрузке, приравненной к номинальной, составил

42 мкТл.

На ОРУ 500 кВ превышение ПДУ напряженности ЭП ПЧ для всей рабочей смены (5 кВ/м) на высоте 1,7 м от поверхности земли выявлено в 1в 86,0% мест измерения, в 2,6% мест возможного пребывания персонала напряженность ЭП ПЧ превышала 20 кВ/м, превышений ПДУ МП ПЧ не выявлено. Наибольший уровень напряженности ЭП ПЧ составил 22,8 кВ/м, магнитной индукции — 92,4 мкТл. В местах контроля показателей состояния оборудования и на путях обхода в основном напряженность ЭП ПЧ составляла от 5 до 15 кВ/м, в этих местах персонал не может находиться всю рабочую смену, поэтому без дополнительной регламентации рабочего времени рекомендуется использование средств индивидуальной защиты от ЭП ПЧ.

Результаты оценки уровней ЭП и МП частотой 50 Гц в пределах СЗЗ двух ВЛ напряжением 750 кВ, выполненные с применением «матричного метода» показали, что уровни воздействия МП ПЧ на человека не превышали гигиенический норматив 20 мкТл, установленный для пребывания в зоне прохождения воздушных и кабельных линий электропередачи лиц, профессионально не связанных с эксплуатацией электроустановок, тогда как в исследованных зонах ВЛ возможны превышения гигиени-

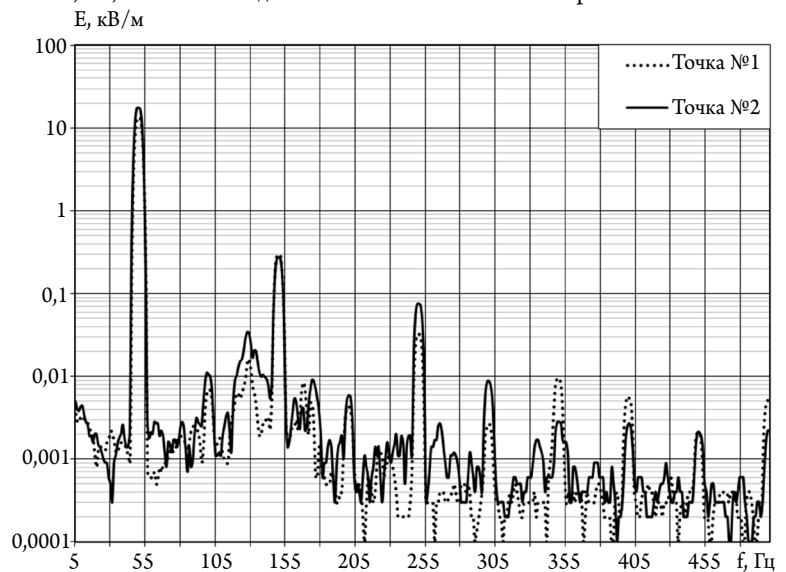


Рис. 3. Амплитудно-частотная характеристика напряженности электрического поля на ОРУ 750 кВ

Fig. 3. Amplitude-frequency characteristic of the electric field strength on open switchgears (S) 750 kV

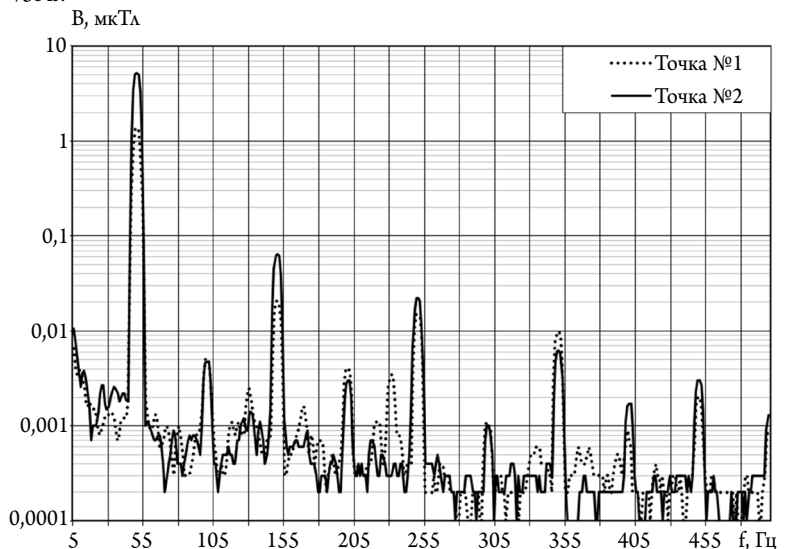


Рис. 4. Амплитудно-частотная характеристика магнитной индукции на ОРУ 750 кВ

Fig. 4. Amplitude-frequency characteristic of magnetic induction on open switchgears (S) 750 kV

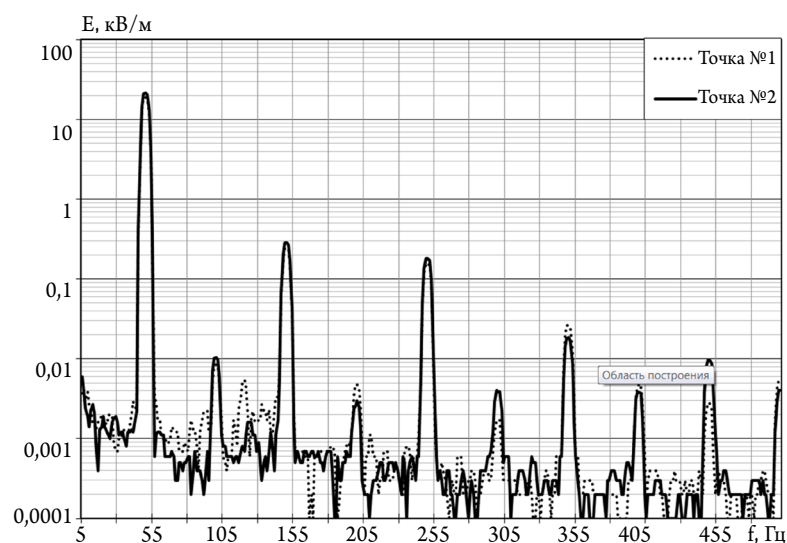


Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика напряженности электрического поля на ОРУ 500 кВ

Fig. 5. Amplitude-frequency characteristic of the electric field strength on open switchgears (S) 500 kV

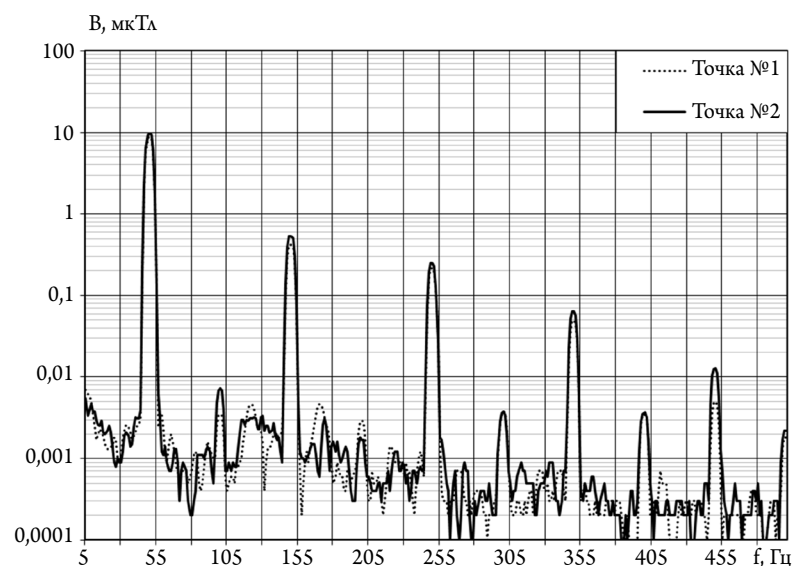


Рис. 6. Спектральная характеристика амплитуды магнитной индукции под проводом на ОРУ 500 кВ

Fig. 6. Spectral characteristic of the amplitude of magnetic induction under the slack on open switchgears (S) 500 kV

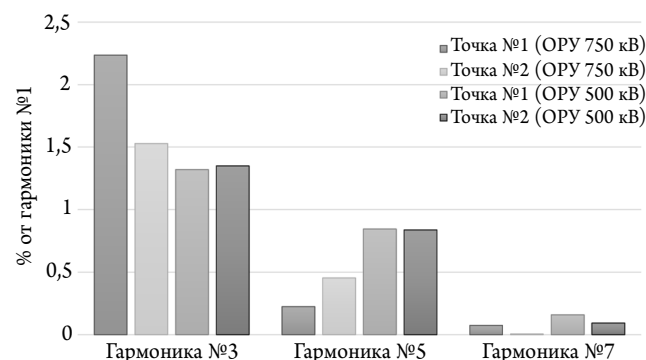


Рис. 7. Процентное соотношение нечетных гармоник 50 Гц в спектре напряженности электрического поля

Fig. 7. Percentage of odd 50 Hz harmonics in the electric field strength spectrum

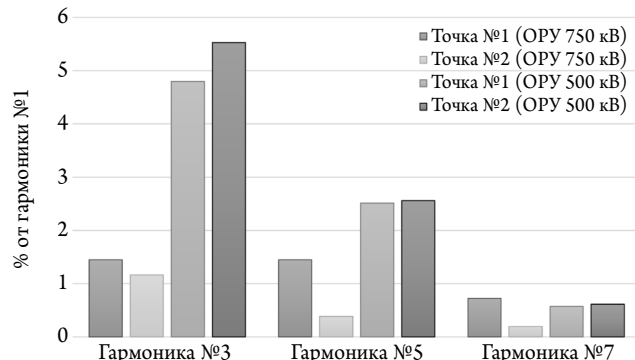


Рис. 8. Процентное соотношение нечетных гармоник 50 Гц в спектре индукции магнитного поля

Fig. 8. Percentage of odd 50 Hz harmonics in the magnetic field induction spectrum

ческого норматива для всей рабочей смены по уровням ЭП ПЧ в 5 кВ/м уже на расстоянии 20 м и ближе от проекции крайней фазы. Кроме того, в зоне ВЛ под проекциями проводов крайних фаз уровни напряженности ЭП ПЧ достигали 9,5 кВ/м, что обуславливает необходимость ограничения времени возможного пребывания персонала без использования СИЗ от ЭП ПЧ в этих зонах до 3,3 ч.

Результаты оценки уровней ЭП и МП ПЧ в пределах СЗЗ двух ВЛ 500 кВ показали, что превышения гигиенических нормативов для работающих по напряженности ЭП ПЧ для всей рабочей смены возможны как в пределах проекций проводов крайних фаз ВЛ и между ВЛ, так и на расстоянии 15 м и ближе от проекции проводов крайней фазы. Значения напряженности ЭП ПЧ достигали 12,5 кВ/м под крайней фазой ВЛ 500 кВ, что свидетельствует о необходимости ограничения времени возможного пребывания персонала без использования СИЗ от ЭП ПЧ в зонах ВЛ 500 кВ до 2 ч. Кроме того, в пределах проекций проводов крайних фаз ВЛ 500 кВ было зарегистрировано превышение гигиенического норматива 20 мкТл, установленного для пребывания в зоне прохождения воздушных и кабельных линий электропередачи лиц, профессионально не связанных с эксплуатацией электроустановок. Вместе с тем, полученные максимальные значения уровней МП ПЧ в диапазоне 28,0–32,1 мкТл не превышали гигиенический норматив для всей рабочей смены лиц, профессионально связанных с обслуживанием и эксплуатацией электроустановок — 100 мкТл.

Анализ амплитудно-частотных характеристик электрического и магнитного полей проводился в нескольких точках превышения ПДУ на ОРУ 750 кВ и ОРУ 500 кВ на высоте 1,8 м над землей.

Спектральные характеристики напряженности электрического поля и магнитной индукции регистрировались в диапазоне частот 5–500 Гц, как представлено на рисунках 3–6. Детальный анализ проводился по основным гармоникам промышленной частоты 50 Гц, результаты анализа представлены в таблице и на рисунках 7 и 8.

Как видно из представленных данных, в спектре ЭП и МП на ОРУ 750 кВ и 500 кВ преобладают нечетные гармоники 50 Гц. На частоте

350 Гц (гармоника № 7) уровни напряженности ЭП не превышали 0,03 кВ/м, а уровни магнитной индукции не превышали 0,06 мкТл. Соотношение отдельных гармоник менялось в зави-

Таблица / Table

Данные спектрального анализа по некоторым гармоникам частоты 50 Гц
Spectral analysis data for some harmonics of 50 Hz frequency

№ гармоники	1	3	5	7
Точка №1 (ОРУ 750 кВ)				
Е, кВ/м	13,42	0,30	0,03	0,01
В, мкТл	1,38	0,02	0,02	0,01
Точка №2 (ОРУ 750 кВ)				
Е, кВ/м	17,66	0,27	0,08	0,00
В, мкТл	5,15	0,06	0,02	0,01
Точка №1 (ОРУ 500 кВ)				
Е, кВ/м	18,93	0,25	0,16	0,03
В, мкТл	8,76	0,42	0,22	0,05
Точка №2 (ОРУ 500 кВ)				
Е, кВ/м	21,48	0,29	0,18	0,02
В, мкТл	9,77	0,54	0,25	0,06

симости от места проведения измерений.

При уровне напряженности ЭП на частоте 50 Гц 13,42 и 7,03 кВ/м, на частоте 150 Гц они составляли 0,30 и 0,14 кВ/м, на частоте 250 Гц — от 0,03 до 0,06 кВ/м. Соответственно, при уровне магнитной индукции на частоте 50 Гц 1,38 и 6,60 мкТл, на частотах 150 и 250 Гц они составили 0,02 и 0,17 мкТл.

Как видно из представленных данных, наибольшие уровни ЭП, превышающие 15 кВ/м, были зарегистрированы при наименьшем габарите фаза-земля (ОРУ 750 кВ) и габарите шина-земля (ОРУ 500 кВ). Уровни напряженности ЭП на частоте 50 Гц находились в диапазоне 17,66–21,48 кВ/м, на частоте 150 Гц — в диапазоне 0,25 и 0,29 кВ/м, на частоте 250 Гц — от 0,08 до 0,19 кВ/м. Соответственно, уровни магнитной индукции на частоте 50 Гц находились в диапазоне 5,15–9,77 мкТл. Значения магнитной индукции для 3-й и 5-й гармоники существенно различались для точек на ОРУ 750 кВ и на ОРУ 500 кВ. Если под фазой в портале ОРУ 750 кВ на частотах 150 Гц и 250 Гц магнитная индукция составляла соответственно 0,06 и 0,02 мкТл, то под шинными спусками на ОРУ 500 кВ на частоте 150 Гц магнитная индукция находилась в диапазоне 0,25–0,54 мкТл, а на частоте 250 Гц — в диапазоне 0,22–0,25 мкТл.

В процентном соотношении к измеренным интенсивностям ЭП и МП ПЧ, согласно данным, представленным на рисунках 6 и 7, основной уровень 3-й гармоники не превышал 2,5% для ЭП и 6% для МП, уровень 5-й гармоники не превышал 1% для ЭП и 3,5% для МП, уровень 7-й гармоники не превышал 0,2% для ЭП и 0,8% для МП, что свидетельствует о большем вкладе

различных гармоник МП в возможное неблагоприятное влияние на человека, чем соответствующих гармоник ЭП. Кроме того, в точках измерений на ОРУ 500 кВ по уровню магнитной индукции гармоники занимали больший процент от первой гармоники, чем в точках измерений на ОРУ 750 кВ. В то же время данные о наличии на наземных рабочих местах персонала электросетевых объектов ЭП и МП частотой более 50 Гц в настоящее время не могут расцениваться как гигиенически значимые, т.к. в РФ отсутствуют гигиенические нормативы для частотного диапазона от >50 Гц до 10 кГц, тогда как в международных регламентах [13] «контролируемый уровень» воздействия зависит от частоты в соответствии с выражением: $<1,6/f>$ (при оценке по напряженности МП), т.е. нормативные значения для следующих гармоник являются более строгими, чем для частоты 50 Гц.

Выводы:

1. Результаты измерений на наземных рабочих местах на ОРУ 500 и 750 кВ показали наличие превышения ПДУ для условий производственных воздействий по напряженности электрического поля и отсутствие превышения по магнитной индукции. Максимальные значения уровней ЭП и МП ПЧ составили 35,27 кВ/м и 42 мкТл и 22,8 кВ/м и 92,4 мкТл на ОРУ 750 кВ и на ОРУ 500 кВ соответственно.

2. Анализ результатов измерений в зоне прохождения ВЛ сверхвысокого напряжения показал, что на границе санитарно-защитной зоны (30 или 40 м от проекции крайней фазы ВЛ в зависимости от класса напряжения) уровни ЭП и МП не превышали 2,2 кВ/м и 4,5 мкТл, соответственно. Наибольшие уровни ЭП отмечены вблизи проекции проводов крайней фазы для ВЛ 750 кВ и 500 кВ и составили 9,5 кВ/м и 12,5 кВ/м, соответственно. Максимальные уровни магнитной индукции были отмечены в зонах проекции проводов средних фаз для ВЛ 750 и 500 кВ и составили 17,6 мкТл и 32,1 мкТл, соответственно.

3. Применяемая в ФГБНУ «НИИ МТ» «матричная» схема измерений уровней ЭП и МП ПЧ вдоль трасс прохождения ВЛ позволяет с высокой точностью и адекватно оценивать электромагнитную обстановку как на рабочих местах персонала, так и на селитебной территории на соответствие ее требованиям гигиенических регламентов с определением в любом числе пролетов средних, максимальных и минимальных значений.

4. Результаты анализа амплитудно-частотных характеристик в диапазоне 5–500 Гц на ОРУ соответствующих классов напряжения показали больший вклад гармоник МП в условия экспозиции персонала, чем тех же гармоник ЭП. С учетом того, что в РФ отсутствуют гигиенические регламенты ЭП и МП в диапазоне частот >50 Гц–30 кГц, представляется актуальным оценивать возможный риск для здоровья работающих и населения воздействия всех частотных составляющих ЭП и МП, генерируемых ВЛ сверхвысокого напряжения, исходя из международных рекомендаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. International Agency for Research on Cancer (IARC). *Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields*, WHO/IARC. 80; 2002.
2. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. М; 2016.
3. СанПиН 2.1.2.2801-10 Изменения и дополнения № 1 к СанПиН 2.1.2.2645-10. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях. М; 2010.
4. ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях. М; 2007.
5. СанПиН 2.2.1./2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. М.; 2003.
6. Григорьев О.А., Губернский Ю.Д., Алексеева В.А., Прокофьева А.С., Гошин М.Е. Эколого-гигиеническая оценка электромагнитной обстановки на территории, примыкающей к санитарно-защитной зоне воздушных линий электропередачи. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(2): 132-7.
7. Илюхин Н.Е. Методологический подход к проблеме изучения оценки электромагнитных полей 50 Гц, воздействующих на работников энергетических предприятий. *Гигиена и санитария*. 2009; 5:88-90.
8. Губернский Ю.Д., Гошин М.Е., Банин И.М. Оценка уровней воздействия электромагнитных полей промышленной частоты от различных источников в условиях жилой и офисной среды. *Гигиена окружающей среды и населенных мест*. 2017; 96(11): 1045-8.
9. Рубцова Н.Б., Токарский А.Ю., Лазаренко Н.В., Самусенко Т.Г. Методические принципы гигиенической оценки электромагнитных полей промышленной частоты на рабочих местах персонала электросетевых объектов и их реализация. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения РАМН*. 2006; 3: 7-12.
10. Гошин М.Е., Банин И.М. Оценка суммарной реальной нагрузки электромагнитных полей промышленной частоты 50 Гц от различных источников в местах наиболее длительного пребывания человека. *Безопасность здоровья человека*. 2017; 2: 12-26.
11. МУК № 4109-86. Методические указания по определению электромагнитного поля воздушных высоковольтных линий электропередачи и гигиенические требования к их размещению. М.; 1986.

12. Мисриханов М.Ш., Рубцова Н.Б., Токарский А.Ю. *Обеспечение электромагнитной безопасности электросетевых объектов. 2-е изд.* Москва-Вологда: Инфра-Инженерия; 2019.
13. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz — 100 kHz). *Health Physics*. 2010; 99(6): 818-36.

REFERENCES

1. International Agency for Research on Cancer (IARC). *Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields*, WHO/IARC. 80; 2002.
2. SanPiN 2.2.4.3359-16. *Sanitary and epidemiological requirements to physical factors at workplaces*. M; 2016 (in Russian).
3. SanPiN 2.1.2.2801-10. *Changes and additions to № 1 k SanPiN 2.1.2.2645-10. Sanitary and epidemiological requirements for living conditions in residential buildings and premises*. M; 2010 (in Russian).
4. GN 2.1.8 / 2.2.4.2262-07. *The maximum permissible levels of magnetic fields at a frequency of 50 Hz in residential, public buildings and residential areas*. Moscow; 2007 (in Russian).
5. SanPiN 2.2.1 / 2.1.1.1200-03. *Sanitary-safety zones and sanitary classification of manufactures, buildings and some objects*. Moscow; 2003 (in Russian).
6. Grigor'yev O.A., Gubernskiy Yu.D., Alekseyeva V.A., Prokof'yeva A.S., Goshin M.E. The environmental and hygienic assessment of the electromagnetic situation near sanitary protective zone of power lines. *Gigiena i sanitariya*. 2018; 97(2): 132-7 (in Russian).
7. Ilyukhin N.E. Methodological approach to the problem of 50 Hz electromagnetic fields assessment, exposed to power factories workers study. *Hygiene & Sanitation*. 2009; 5: 88-90 (in Russian).
8. Gubernskiy Yu.D., Goshin M.E., Banin I.M. Power frequency electromagnetic fields from different sources in residential and office environment levels assessment. *Gigiena i sanitariya*. 2017; 96(11): 1045-8 (in Russian).
9. Rubtsova N.B., Tokarskiy A.Yu., Lazarenko N.V., Samusenko T.G. Methodological principles of power frequency electromagnetic fields at workplaces of power grid network staff hygienic assessment and its realization. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya RAMN*. 2006; 3: 7-12 (in Russian).
10. Goshin M.E., Banin I.M. Assessment of the total real load of power frequency 50 Hz electromagnetic fields from various sources in the places of the longest stay of a person. *Bezopasnost' zdorov'ya cheloveka*. 2017; 2:12-26 (in Russian).
11. MUK № 4109-86 *Guidelines for determining the electromagnetic field of overhead high-voltage transmission lines and hygienic requirements for their placement*. M.; 1986 (in Russian).
12. Misrikhanov M.Sh., Rubtsova N.B., Tokarskiy A.Yu. *Electromagnetic safety of power grid facilities improvement. 2-nd ed.* Moskva-Vologda: Infra-Inzheneriya; 2019 (in Russian).
13. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz — 100 kHz). *Health Physics*. 2010; 99(6): 818-36.