

**УДК 004.4 | РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА  
ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

**Светлана Владиславовна Григорьева**  
к.ф.-м.н., доцент  
grigorevasv@rgsu.net  
г. Москва

Российский государственный  
социальный университет  
(г. Москва, Россия)

**Андрей Владимирович Ольшанский**  
магистрант  
grigorevasv@rgsu.net  
г. Москва

Российский государственный  
социальный университет  
(г. Москва, Россия)

**Аннотация.** Данная статья посвящена проблематике обслуживания воздушных линий электропередачи в условиях Крайнего Севера Западной Сибири. Для повышения качества и надежности электроснабжения потребителей в условиях Крайнего Севера Западной Сибири, снижения эксплуатационных затрат и объемов проводимых аварийных работ разработан программно-аппаратный комплекс для оперативного обследования, оценки и прогнозирования изменения технического состояния конструктивной части воздушных линий (ВЛ) 35-220 кВ. В статье проведен системный анализ целей, задач программно-аппаратного и информационного обеспечения эксплуатационных служб электросетевых организаций в части оценки изменений состояния конструктивной части ВЛ 35-220 кВ, рассмотрены структура программно-аппаратного комплекса регистрации состояния конструктивной части ВЛ 35-220 кВ и структура программно-аппаратного комплекса хранения, обработки и анализа полученных данных о состояниях конструктивной части ВЛ 35-220 кВ. Актуальность темы работы обусловлена необходимостью разработки программно-аппаратного и информационного обеспечения эксплуатационных служб электросетевых организаций в части оценки изменений состояния конструктивной части ВЛ 35-220 кВ. В настоящее время нет прямого аналога разрабатываемого программно-аппаратного комплекса на мировом рынке, поэтому данный комплекс может быть востребован на ВЛ 35-220 кВ и аналогичных объектах, эксплуатируемых в сложных климатических, геотехнических условиях и в условиях труднодоступной местности. В ходе исследования использованы методы теории проектирования программно-аппаратных средств, методы фотограмметрии, линейной алгебры, аналитической геометрии, математического анализа и цифровой обработки изображений, методы математического моделирования, теории подобия и натурального эксперимента.

**Ключевые слова:** воздушные линии, программно-аппаратный комплекс, информационное обеспечение, геоинформационные системы, пространственно-ориентированная база данных.

Передача или распределение электрической энергии от подстанций к потребителям по проводам, находящимся на открытом воздухе, осуществляется по воздушным линиям (ВЛ), которые считаются важным объектом в системе энергоснабжения. Задача оперативного обследования, оценки и прогнозирования изменения технического состояния конструктивной части воздушных линий является

важнейшей задачей в обеспечении бесперебойного снабжения потребителей электроэнергией.

Для ВЛ, как объекта управления, характерны территориальная распределенность, зависимость от природно-климатических воздействий.

Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей предусмотрены периодические и внеочередные осмотры воздушных линий, при этом периодичность осмотра каждой воздушной линии по всей длине должна быть не реже одного раза в год. Верховые осмотры на линиях, эксплуатируемых 20 лет и более, должны проводиться не реже одного раза в 5 лет. Столь большой интервал времени не позволяет эксплуатирующим организациям оперативно реагировать на изменения состояния воздушных линий в регионах, характеризующихся сложными климатическими и геотехническими условиями. К таким регионам относится Крайний Север Западной Сибири.

Все это требует постоянного оперативного контроля за динамикой изменения состояния фундаментов опор ВЛ с целью прогнозирования аварийности и определения оптимальных способов её предупреждения.

Учитывая протяженность ВЛ в сложных физико-географических условиях, такие обследования и сбор информации о состоянии линий не могут проводиться регулярно из-за высокой трудоемкости. Эти обстоятельства определяют недостаточное информационное обеспечение служб ВЛ и делают невозможным своевременное и эффективное проведение профилактических и ремонтно-восстановительных работ, следствием чего является высокая аварийность электросетевых объектов.

Таким образом, актуальность темы работы обусловлена необходимостью разработки программно-аппаратного и информационного обеспечения эксплуатационных служб электросетевых организаций в части оценки изменений состояния конструктивной части ВЛ 35-220 кВ. В настоящее время нет прямого аналога разрабатываемого программно-аппаратного комплекса на мировом рынке, поэтому данный комплекс может быть востребован на ВЛ 35-220 кВ и аналогичных объектах, эксплуатируемых в сложных климатических, геотехнических условиях и в условиях труднодоступной местности

В ходе исследования использованы методы теории проектирования программно-аппаратных средств, методы фотограмметрии, линейной алгебры, аналитической геометрии, математического анализа и цифровой обработки изображений, методы математического моделирования, теории подобия и натурального эксперимента.

Опыт проведенных в 1995-2015 гг. инженерных обследований воздушных линий 110-220 кВ ОАО «Тюменьэнерго» [Григорьев В.С., Ольшанский В.Г., Остробородов С.В., Хромышев Н.К., Шевцов К.П., 2007], [Занятин С.И., Индюков А.Т., Лязгин А.Л., Ляшенко В.С., Ольшанский В.Г., 1998], [Лязгин А.Л., Ляшенко В.С., Остробородов С.В., Ольшанский В.Г., 2004] позволяет сделать вывод о необходимости постоянного оперативного обследования, оценки и прогнозирования изменения технического состояния конструктивной части воздушных линий (ВЛ) 35-220 кВ.

В качестве методов оперативного обследования, оценки и прогнозирования изменения технического состояния конструктивной части воздушных линий (ВЛ) 35-220 кВ были проанализированы аэросъемка, аэровидеосъемка, тепловизионный контроль состояния ВЛ, регистрация оптического излучения разрядных процессов, лазерное сканирование, аэрофотосъемка с беспилотного авиационного комплекса [Арбузов Р.С., 2009], .

Был проведен анализ программных продуктов, пригодных для использования в системе оперативного мониторинга состояния ВЛ. Особое внимание во время анализа ПО уделялось ГИС-системам.

Система управления базой данных о состоянии конструктивной части ВЛ была разработана на основе геоинформационной системы (ГИС) MapInfo.

Разработанный программно-аппаратный комплекс для оперативного обследования, оценки и прогнозирования изменения технического состояния конструктивной части воздушных линий (ВЛ) 35-220 кВ реализует:

1) функции регистрации (фиксации) текущего состояния конструктивной части воздушных линий электропередачи в точках наблюдения, которыми являются:

опоры ВЛ, в части:

- элементов конструкций опор;
- фундаментов опор;
- линейной арматуры;
- изоляции;

пролеты ВЛ, в части проводов, тросов, ВОЛС-ВЛ;

2) функции количественной оценки изменения состояния конструктивной части воздушных линий в точках наблюдения – получение изображений, пригодных для формирования стереопар и последующих фотограмметрических измерений; точками наблюдения в этом случае являются опоры ВЛ;

3) функции сбора, хранения и представления информации о результатах регистрации текущего состояния и количественной оценки изменения состояния конструктивной части воздушных линий в точках наблюдения.

Состав программно-аппаратного комплекса регистрации состояния конструктивной части ВЛ:

- узел крепления камеры на летательном аппарате (вертолет МИ-2), предусматривающий возможность: крепления одной либо двух фотокамер, фиксированной установки угла наклона фокальных плоскостей камер относительно ДП авианосителя; необходимо предусмотреть возможность закрепления аэрофотосъемочного комплекса страховочным тросом (тросами);

- демпфирующее устройство, обеспечивающее сохранение установок камеры при вибрационных воздействиях;

- комплект фотокамер с разрешением не менее 15 МПикс и портами связи USB 3.0 либо Ethernet;

- комплект объективов с фиксированным фокусным расстоянием (85 мм – для серийной съемки проводов и 100 мм – для съемки опор ВЛ);

- мобильный ПК (основные требования: процессор – 2-4 ядра; оперативная память – не менее 16 ГБ; жесткий диск объемом от 1ТБ; не менее трех портов USB 3.0; порт Ethernet; функция подключения второго монитора; HDMI, DVI порты для подключения второго монитора);

- выносной монитор для контроля параметров полета и процесса съемки; на монитор выводится информация об области съемки, параметрах полета и необходимости корректировки курса авианосителя;

- антенна GPS/ГЛОНАСС-приёмника для геопозиционирования вертолета и координатной привязки получаемых изображений.

Состав программно-аппаратного комплекса хранения, обработки и анализа полученных данных о состоянии конструктивной части ВЛ:

- ПК (основные требования: процессор – 2-4 ядра, оперативная память – не менее 64 ГБ, жесткий диск объемом от 2 ТБ, видеокарта – с поддержкой мониторов с частотой 120 Гц, стереомонитор);

- программное обеспечение: система управления базой данных о состоянии конструктивной части ВЛ на основе геоинформационной системы (ГИС) MapInfo;

В качестве информационной системы предусмотрена база данных со специально созданной системой управления, размещенная в локальной сети предприятия.

Пространственно-ориентированная база данных о состоянии конструктивной части ВЛ осуществляет:

- сбор, хранение и представление пространственной информации о линейных объектах, входящих в состав наблюдательной сети Ноябрьских электрических сетей ОАО «Тюменьэнерго»;

- сбор, хранение и представление данных о натуральных обследованиях ВЛ, включая фотоматериалы;

- сбор, хранение и анализ результатов оперативной диагностики состояния ВЛ, включая материалы аэрофотосъемки;

- сбор, хранение и представление данных о выявленных в процессе эксплуатации дефектах на ВЛ и их устранении.

Пространственно-ориентированная база данных, входящая в состав программно-аппаратного комплекса, представляет собой 6 основных таблиц (слоев) и 31 справочников.

Внедрение разработанного программно-аппаратного комплекса для оперативного обследования, оценки и прогнозирования изменения технического состояния конструктивной части воздушных линий (ВЛ) 35-220 кВ приведет к снижению эксплуатационных затрат за счет оптимизации планирования проведения профилактических и ремонтно-восстановительных работ на воздушных линиях, возможности предупреждения возникновения аварийных ситуаций при их своевременном выявлении.

### Список литературы

1. Григорьев В.С., Ольшанский В.Г., Остробородов С.В., Хромышев Н.К., Шевцов К.П. Диагностика и способы устранения последствий деформации фундаментов электросетевых объектов, эксплуатируемых в условиях мерзлоты и пучинистых грунтов // Электрические станции. 2007. №5. с.64-73.
2. Занятин С.И., Индюков А.Т., Лязгин А.Л., Ляшенко В.С., Ольшанский В.Г. и др. Повышение эксплуатационной надежности и долговечности фундаментов опор линий электропередачи в условиях севера Тюменской области // Электрические станции. 1998. №4. с. 62-71
3. Лязгин А.Л., Ляшенко В.С., Остробородов С.В., Ольшанский В.Г. и др. Опыт предупреждения морозного пучения свайных фундаментов опор ВЛ в северных условиях // Электрические станции. 2004. №4. с.49-51.
4. Арбузов Р.С., Овсянников А.Г. Современные методы диагностики воздушных линий электропередачи. Новосибирск: Наука, 2009. 136 с

## DEVELOPMENT OF SOFTWARE AND HARDWARE MAINTENANCE OF OVERHEAD POWER LINES

S.V. Grigorieva | Russian state social University

Cand. Sci. (Phys.–Math.), associate professor  
grigorevasv@rgsu.net  
Moscow

(Moscow, Russia)

**A.V. Olshansky**  
master  
grigorevasv@rgsu.net  
Moscow

Russian state social University  
(Moscow, Russia)

**Abstract.** This article is devoted to the problems of maintenance of overhead power lines in the Far North of Western Siberia. For improvement of quality and reliability of power supply of consumers in the conditions of the Far North of Western Siberia, decrease in operational costs and volumes of the carried-out emergency works the hardware-software complex for expeditious inspection, assessment and forecasting of change of technical condition of constructive part of air lines (VL) of 35-220 kV is developed. The article presents a systematic analysis of the objectives, tasks of hardware and software and information support of operational services of electric grid companies in terms of assessing changes in the state of the constructive part of the VL 35-220 kV, considers the structure of the hardware and software complex of registration of the state of the constructive part of the VL 35-220 kV and the structure of the hardware and software complex of storage, processing and analysis of data on the States of the constructive part of the VL 35-220 kV. The relevance of the topic is due to the need to develop hardware and software and information support of operational services of electric grid companies in terms of assessing changes in the state of the constructive part of the overhead line 35-220 kV. Currently, there is no direct analogue of the developed software and hardware complex on the world market, so this complex can be in demand at the VL 35-220 kV and similar facilities operated in difficult climatic, geotechnical conditions and in remote areas. In the course of research methods of the theory of design of hardware and software, methods of photogrammetry, linear algebra, analytical geometry, mathematical analysis and digital image processing, methods of mathematical modeling, theory of similarity and full-scale experiment are used.

**Keywords:** air lines, software and hardware complex, information support, geographic information systems, spatially oriented database.

### References

1. Grigor'ev V.S., Ol'shanskij V.G., Ostroborodov S.V., Hromyshev N.K., Shevcov K.P. (2007) Diagnostika i sposoby ustraneniya posledstvij deformacii fundamentov ehlektrosetevyh ob"ektov, ehkspluatiruemyh v usloviyah merzloty i puchinistyh gruntov // EHlektricheskie stancii. 2007. №5. Pp.64-73.
2. Zanyatin S.I., Indyukov A.T., Lyazgin A.L., Lyashenko V.S., Ol'shanskij V.G. (1998) Povyshenie ehkspluatacionnoj nadezhnosti i dolgovechnosti fundamentov opor linij ehlektroperedachi v usloviyah severa Tyumenskoj oblasti // EHlektricheskie stancii. 1998. №4. Pp. 62-71
3. Lyazgin A.L., Lyashenko V.S., Ostroborodov S.V., Ol'shanskij V.G. (2004) Opyt preduprezhdeniya moroznogo pucheniya svajnyh fundamentov opor VL v severnyh usloviyah // EHlektricheskie stancii. №4. Pp.49-51.
4. Arbuzov R.S., Ovsiyannikov A.G. (2009) Sovremennye metody diagnostiki vozduzhnyh linij ehlektroperedachi Novosibirsk: Nauka. 136 p.