

Энергобережения і альтернативна енергетика
Energy saving and alternative energy

УДК 621.311

[https://doi.org/10.37700/enm.2020.2\(16\).6-11](https://doi.org/10.37700/enm.2020.2(16).6-11)

Применение БПЛА и систем дистанционного контроля и поиска повреждений ЛЭП на основе клиент-серверного приложения

С.А. Тимчук¹, А.А. Левтеров², Ю.А. Нечитайло³

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко (г. Харьков, Украина)
email: ³ aspirantura_khntusg@ukr.net;
ORCID: ¹ 0000-0002-8600-4234; ² 0000-0001-5926-7146*

В статье Тимчука С.А., Левтерова А.А., Нечитайло Ю.А. «Применение БПЛА и систем дистанционного контроля и поиска повреждений ЛЭП на основе клиент-серверного приложения» проведен обзор методов и средств сокращения времени недопоставки электроэнергии в распределенных сетях 10кВ. Описаны недостатки существующих методов и программно-аппаратных средств обнаружения повреждений (неисправностей) распределенных сетей 10кВ в условиях сложного рельефа, связанные с транспортными ресурсами. Обосновано применение современных программно-аппаратных средств дистанционного контроля и мониторинга повреждений (неисправностей) распределенных сетей 10кВ, где основным критерием является экономическая целесообразность. Предложено применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в составе программно-аппаратного комплекса на основе клиент-серверных приложений. Предложена модель расчета времени поиска неисправностей и анализа данных, поступающих с диагностического модуля беспилотных летательных аппаратов, основанного на контроле физических параметров (акустические, видео, электромагнитные и др.) распределенных сетей 10кВ в условиях сложного рельефа и различных погодных условий. Передача данных от диагностического модуля, размещенного на беспилотном летательном аппарате, осуществляется по радиоканалу (GSM, WiFi, GPRS, EDGE, UMTS, HSPA+, LTE). Выбор радиоканала определяется условиями покрытия в зоне действия беспилотного летательного аппарата, исходя из наиболее устойчивого приема. Первичная обработка осуществляется при помощи приложения Android, размещенного на борту беспилотного летательного аппарата. Программное обеспечение серверной части состоит из трех частей: сбор информации от одного или нескольких БПЛА (по необходимости); визуальное отображение местоположения БПЛА на карте размещения линий электропередач; анализ поступающих данных и расчет вариантов оптимального решения для ликвидации неисправностей линий электропередач (методами эвристического анализа). Рассмотрена возможность применения нескольких БПЛА (в том числе с коррекцией маршрута как в автоматическом, так и в ручном режиме) с целью значительного сокращения времени поиска неисправностей (повреждений) распределенных сетей 10кВ.

Ключевые слова: электроснабжение, беспилотный летательный аппарат, распределенные сети, повреждения, клиент-серверное приложение

Когда потребитель недополучает электроэнергию, то продолжительность этого явления зависит от среднего времени, затрачиваемого на поиск места повреждения. При этом средства повышения надежности (СПН), которые влияют на величину времени поиска неисправности в электрических сетях, можно условно разделить на две группы:

- методы и средства определения места повреждения на линии;
- системы, использующие автоматические секционирующие аппараты, которые могут

передавать информацию о месте повреждения непосредственно на диспетчерский пункт, в том числе и БПЛА.

Как известно [1], в распределительных сетях 6-10 кВ эффективной является установка указателей поврежденного участка, которые при поиске повреждения на отключенной линии электропередачи (ЛЭП) дают информацию о наличии или отсутствии повреждений.

Однако, проблема поиска поврежденных участков сети в литературе рассматриваются неполно, и не учитывает возможность применения

БЛА и других методов дистанционного (радиоканал GSM, WiFi, GPRS, EDGE, UMTS, HSPA + или LTE) мониторинга, влияющих на величину времени поиска места повреждения. Этим обосновывается актуальность проведенного исследования.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Решение проблемы сокращения времени поиска повреждённых участков сети и времени недопоставки электроэнергии, а также оптимизации поиска может быть решено при помощи размещения секционирующих аппаратов и устройств, применения различных средств мониторинга и контроля, в том числе и БПЛА.

В среднем в течение года условный потребитель в Украине не получает услуг по электроснабжению 738 минут при том, что средний фактический показатель по Европейскому Союзу составляет 72,04 минуты [<https://www.dtek-kem.com.ua/ru/our-performance>]. Продолжительность отключения электроэнергии для потребителей (индекс средней продолжительности прерывания работы системы, или SAIDI) является индикатором надежности качества работы электросетей. Данный показатель находится на постоянном контроле Национальной комиссии, осуществляющей государственное регулирование в сферах энергетики и коммунальных услуг (НКРЭКУ), которая периодически осуществляет проверку на полноту и достоверность указанной информации, согласно Постановления НКРЭКУ №464 от 30.03.2017г. С целью снижения величины данного показателя в [1] используются фиксирующие приборы, устанавливаемые на вводе понижающей подстанции. Однако, несмотря на высокую точность определения расстояния до места короткого замыкания, за счет возможности учета влияния переходного сопротивления, данная методика показывает себя неэффективной в случае, если ЛЭП разветвлена.

В [2] предложен алгоритм, позволяющий решить данную проблему, а также приведены возможности программного обеспечения по результатам параметров аварийного режима. При этом определение поврежденного участка происходит с последующим уточнением расстояния до места повреждения. Установка же указателей поврежденного участка, согласно [3], считается целесообразной на ответвлениях, осмотр состояния которых приходится производить пешком, а протяженность равна или превышает 2-2,5 км.

Стоит отметить, что время поиска поврежденного участка, находящегося на таком расстоянии, которое приходится проходить пешком или проезжать на автотранспорте [4], составляет приблизительно от 10 до 30 минут или более. Данное время поиска можно сократить, применяя БПЛА.

В связи с этим ставит актуальной научная задача разработки научно-методического аппара-

та, который позволит обеспечить повышение надежности в распределительных сетях 10 кВ

Для решения данной проблемы в [5] предложен алгоритм, который основан на определении участка повреждения ЛЭП с последующим уточнением расстояния до места повреждения. В [6, 7] предложено закольцовывание распределительных сетей в целях повышения надежности электроснабжения. Такой подход обеспечивает повышенную устойчивость, а также процесс так называемого самозаживления сети, однако при этом характеризуется дороговизной реализации.

Методы повышения надежности распределительной сети за счёт размещения коммутационных аппаратов, описаны в [8, 9].

В [10, 11] представлены алгоритмы, которые позволяют выявлять повреждение ЛЭ с применением метода «двустороннего» определения короткого замыкания на высоковольтных ЛЭП.

Следует отметить, что все вышеперечисленные методики имеют ряд недостатков, к основным из которых следует отнести невозможность их применения в случае, когда в системе повышения надёжности присутствуют различные типы устройств и отсутствие обоснования места и схемы размещения СПН (средств повышения надежности), а также труднодоступность некоторых разветвленных сетей, в которых обнаружена неисправность.

В [12, 13] раскрыты основные принципы и методы, лежащие в основе математического описания процессов функционирования разветвленной распределительной сети. Предложена методика, позволяющая при оптимизации системы повышения надёжности ЛЭП учитывать возможность наличия в её составе различных типов указателей повреждённых участков и секционирующих аппаратов, топологию сети, мощность электроустановок каждого из потребителей, а также их категорию. К недостаткам же предложенной методики следует отнести огромное количество итераций выполняемых при поиске оптимальной схемы размещения СПН, что делает затруднительным сам процесс оптимизации при наличии в схеме распределительной сети уже 5-6 ответвлений.

Для повышения надежности разветвленных ЛЭП применяются методы, связанные с установкой аппаратных средств и программного обеспечения в узлах распределенной сети. Данный подход, хотя и повышает надежность описанных сетей, но является дорогостоящим.

В связи с этим становится актуальной научная задача разработки метода дистанционного контроля и поиска повреждений ЛЭП, который позволит обеспечить повышение надежности распределительных сетей 10 кВ.

Применение БПЛА как стационарного типа (на удаленной платформе), так и мобильного

типа (находящихся в распоряжении бригады по устранению неисправностей) позволит сократить время поиска неисправности и возможность определения точного местонахождения неисправности сети. При таком подходе значительно сокращается время поиска неисправностей, а также за счет применения устройств косвенного контроля функционирования сетей повышается точность определения места повреждения (неисправности) сети.

Целью исследования является повышение эффективности принятия решений и сокращение времени отсутствия электроснабжения потребителей в сельских регионах путем применения системы дистанционного контроля и поиска повреждений в секционированной распределительной сети и разработка модели расчета времени поиска неисправности при применении БПЛА с программно-аппаратным комплексом клиент-серверного типа. При этом объект исследования — процесс принятия решений по обеспечению электроснабжения и поиска мест повреждений при аварийных режимах работы разветвленных электрических сетей сельских регионов с установленными средствами повышения надежности.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- разработать алгоритм взаимодействия модуля контроля (представляющего собой набор датчиков, характеризующих физические параметры корректного функционирования электросетей) БПЛА с удаленным оператором, который производит обработку и анализ данных, поступающих с места наблюдения;

- определить оптимальный набор физических параметров (акустические, видео, электромагнитные излучения и др.) ЛЭП, по которым возможно с заданной точностью определить их исправность.

Для решения данной задачи необходимо осуществить организацию сбора информации, поступающей с БПЛА, и ее визуализацию для принятия оператором оптимального решения с целью устранения обнаруженной неисправности. Для этого предлагается применение клиент-серверного программного обеспечения. В состав которого входит:

1. Программа «клиент» осуществляет дистанционную передачу по радиоканалу (GSM, WiFi, GPRS, EDGE, UMTS, HSPA+, LTE.) данных с БПЛА с предварительной обработкой (или без таковой). Первичная обработка осуществляется при помощи приложения Android. Также данная программа позволяет управлять маршрутом (по командам оператора или по заранее выбранному маршруту) БПЛА на основе GPS-координат (маршрут по реперным точкам) и определять местоположение БПЛА.

2. Программа «сервер» состоит из трех модулей:

- сбор информации от одного или нескольких БПЛА (по необходимости);
- визуальное отображение местоположения БПЛА на карте размещения ЛЭП;
- анализ поступающих данных и расчет вариантов оптимального решения для ликвидации неисправностей ЛЭП (методами эвристического анализа).

За основу возьмем математическую модель недопоставки электроэнергии, предложенную в [12] и представляющую собой определение среднего времени, затрачиваемого бригадой от начала поиска до определения места повреждения, и времени длительности этапа локализации поврежденного участка сети. Эта модель имеет следующий вид:

$$\tau' = \tau_{\text{л}} + \frac{(S^{\text{посл.пер.}} - S^{\text{обхода}}) \cdot k_{\text{кр.}}}{V_{\text{ср.}}} + \frac{S^{\text{обхода}}}{V_x}, \quad (1)$$

$$\tau_{\text{л}} = \frac{(S^{\text{поиска}} - S^{\text{посл.пер.}}) \cdot k_{\text{кр.}}}{V_{\text{ср.}}}, \quad (2)$$

где V_x – средняя скорость обхода, км/ч; $V_{\text{ср.}}$ – средняя скорость движения бригады на автомобиле, км/ч; $k_{\text{кр.}}$ – коэффициент кривизны дорог по отношению до воздушной прямой, соединяющей конечные точки маршрута следования бригады.

В связи с этим, модель расчета недопоставки электроэнергии (время поиска и время устранения неисправности сети), основанная на удаленном контроле и мониторинге функционирования ЛЭП с применением БПЛА, с учетом времени достижения бригадой места неисправности и времени ее устранения, примет следующий вид:

$$t_{\text{ср}} = t_{\text{БПЛА}} + t_{\text{бр}}, \quad (3)$$

$$t_{\text{БПЛА}} = t_0 + t_{\text{од}} + t_{\text{км}}, \quad (4)$$

$$t_0 = t_{\text{в}} + \frac{t_{\text{опу}}}{n}, \quad (5)$$

где $t_{\text{в}}$ – время, необходимое БПЛА для достижения участка по заданным координатам; $t_{\text{опу}}$ – время облета предполагаемого участка повреждения (неисправности); n – количество беспилотных летательных аппаратов, задействованных на данном участке; t_0 – время обнаружения неисправности (повреждения); $t_{\text{од}}$ – время обработки данных (физические параметры функционирования ЛЭП) удаленным приложением «клиент-сервер» (программным обеспечением); $t_{\text{км}}$ – время корректировки маршрута (время, необходимое БПЛА для изменения траектории полета (маршрута) в случае необходимости, связанной

с более точным поиском предполагаемого места неисправности ($t_{\text{KM}} = 0$ в случае обнаружения неисправности с первого облета).

Поскольку $t_{\text{БПЛА}}$ значительно меньше времени поиска неисправности ЛЭП, предложенной в [13], за счет сокращения транспортных ресурсов (скорость, рельеф, погодные условия), то можно сделать вывод, что общее среднее время недопоставки электроэнергии может быть значительно снижено.

Выводы. Таким образом, применение БПЛА в составе программно-аппаратного комплекса клиент-серверного типа позволяет значительно сократить время поиска неисправностей в распределенных сетях 10кВ, особенно в труднодоступных местах и в сложных погодных условиях. Также, позволяет оператору выбрать оптимальное решение по устранению обнаруженной неисправности. Данный подход экономически оправдан, поскольку не требует в разветвленных сетях дополнительной установки аппаратных средств в узлах разветвления сетей.

Литература:

1. Аржанников Е.А. Определение места короткого замыкания на высоковольтных линиях электропередачи / Аржанников Е.А., Лукоянов В.Ю., Мисриханов М.Ш. / Москва, Энергоатомиздат, 2003 г. – 272 с.
2. Dong Xinzhou. Optimizing solution of fault location [Text] / Dong Xinzhou, Chen Zheng, He Xuanzhou, Wang Kehong, Luo Chengmu // IEEE Power Engineering Society Summer Meeting. – 2002. – Vol. 3. – P. 1113-1117. doi:10.1109/pess.2002.1043442.
3. Гриб, О. Г. Метод определения мест коротких замыканий [Текст] / О. Г. Гриб // Энергоснабжение. Энергетика. Энергоаудит. – 2009. – № 11. – С. 29-31.
4. Сиротенко М. А. Разработка моделей и методов оптимизации параметров повышения надежности в разветвленных сетях 10 кВ/ М.А. Сиротенко // Технологический аудит и резервы производства, 2015. т.№ 6/6 (26).–С.31–38.
5. Dong Xinzhou. Optimizing solution of fault location [Text] / Dong Xinzhou, Chen Zheng, He Xuanzhou, Wang Kehong, Luo Chengmu // Power Engineering Society Summer Meeting, IEEE. – 2002. – Vol. 3. – P. 1113–1117. doi: 10.1109/pess.2002.1043442.
6. Sclater, N. Handbook of electrical design details [Text] / N. Sclater, J. E. Traister. – New York : McGraw-Hill, 2000. – 451 p.
7. You, H. Self-healing in power systems: an approach using islanding and rate of frequency decline-based load shedding [Text] / H. You, V. Vittal, Z. Yang // IEEE Transactions on Power Systems. –

2003. – Vol. 18. – P. 174-181. doi: 10.1109/tpwrs.2002.807111

8. Буйный, Р. А. Метод зонных структур в оптимизации надежности распределительных сетей 10 кВ [Текст] / Р. А. Буйный, В. Зорин, В. В. Тисленко // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. – 2004. – № 2. – С. 30–35.

9. Буйный, Р. А. Новые подходы к учету надежности электроснабжения потребителей в рыночных условиях [Текст] / Р. А. Буйный, А. В. Гай, А. Ю. Сорокин, В. В. Тисленко // Техническая электродинамика. – 2002. – № 5. – С. 85–88.

10. Izykowski, J. Accurate Noniterative Fault Location Algorithm Utilizing Two-End Unsynchronized Measurements [Text] / J. Izykowski, E. Rosolowski, P. Balcerak, M. Fulczyk, M. M. Saha // IEEE Transaction on Power Delivery. – 2010. – Vol. 25, Issue 1. P. 72–80. – (Wroclaw Univ. of Technol., Wroclaw, Poland). doi: 10.1109/tpwrd.2009.2035222.

11. C. E. M. Optimization algorithm for Fault Location in Transmission Lines Considering Current Transformer Saturation [Text] / C. E. M. Pereira, L. C. J. Zanetta // IEEE Transaction on Power Delivery. – 2005. – Vol. 20, Issue 2. – P. 603–608. doi: 10.1109/tpwrd.2004.838521.

12. Тимчук, С. А. Нечёткая математическая модель расчёта недоотпуска электроэнергии в нерезервируемой разветвлённой электрической сети 10 кВ [Текст] / С. А. Тимчук, М. А. Сиротенко, А. В. Мирошник // Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов : сб. тр. VII Всерос. науч.-техн. конф. с международ. участием. – Благовещенск: Амурского государственного университета, 2013. – С. 298–302.

13. Tymchuk, S., Sirotenko, M. The search algorithm for optimal reliability increasing system parameters in 10 kv branched distribution networks // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2015, 6(8), pp. 4–10.

References:

1. Arzhannikov, E. A., Lukojanov, V. J. and Misrihanov, M. S. (2003) Opredelenie mesta korotkogo замыкания на vysokovol'tnyh liniyah jellektroperedachi. 272 p.
2. Xinzhou, D. et al. (2002) 'Optimizing solution of fault location', IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, 3, pp. 1113–1117. doi: 10.1109/pess.2002.1043442..
3. Grib, O. G. (2009) 'Metod opredelenija mest korotkih замыканий', Jenergosnabzhenie. Jenergetika, 11, pp. 29–31..
4. Sirotenko, M. A. (2015) 'Razrabotka modelej i metodov optimizacii parametrov povyshenija nadezhnosti v razvetvlennyh setjah 10 kV', Tehnologicheskij audit i rezervy proizvodstva, 6/6, pp. 31–38.

5. Xinzhou, D. et al. (2002) 'Optimizing solution of fault location', Power Engineering Society Summer Meeting, 3, pp. 1113–1117.

6. Sclater, N. and Traister, J. E. (2000) Handbook of electrical design details. New York: McGraw-Hill..

7. You, H., Vittal, V. and Yang, Z. (2003) 'Self-healing in power systems: an approach using islanding and rate of frequency decline-based load shedding', Transactions on Power Systems, 18, pp. 174–181. doi: 10.1109/tpwrs.2002.807111.

8. Bujnyj, R. A., Zorin, V. and Tislenko, V. V. (2004) 'Metod zonnyh struktur v optimizacii nadezhnosti raspredelitel'nyh setej 10 kV', Elektrifikacija ta avtomatizacija sil'skogo gospodarstva, 2, pp. 30–35.

9. Bujnyj, R. A. et al. (2002) 'Novye podhody k uchetu nadezhnosti jelektronsabzhenija potrebitelej v rynochnyh uslovijah', Tehniceskaja jelektrodinamika, 5, pp. 85–88.

10. Izykowski, J. et al. (2010) 'Accurate Noniterative Fault Location Algorithm Utilizing Two-End Unsynchronized Measurements', Transaction on

Power Delivery, 25(1), pp. 72–80. doi: 10.1109/tpwrd.2009.2035222..

11. Pereira, C. E. M. and Zanetta, L. C. J. (2005) 'Optimization algorithm for Fault Location in Transmission Lines Considering Current Transformer Saturation', Transaction on Power Delivery, 20(2), pp. 603–608. doi: 10.1109/tpwrd.2004.838521..

12. Tymchuk, S. A., Sirotenko, M. A. and Miroshnik, A. V. (2013) 'Nechjotkaja matematicheskaja model' raschjota nedootpuska jelektroenergii v nerezerviruemoj razvetvljonoj jelektricheskoj seti 10 kV', in Jenergetika: upravlenie, kachestvo i jeffektivnost' ispol'zovanija jenergoresursov: sb. tr. VII Vseros. nauch.-tehn. konf. s mezhdunar. uchastiem. Blagoveshensk: Amurskogo gosudarstvennogo universiteta, pp. 298–302.

13. Tymchuk, S. and Sirotenko, M. (2015) 'The search algorithm for optimal reliability increasing system parameters in 10 kv branched distribution networks', Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(8), pp. 4–10.

Анотація

Застосування БПЛА і систем дистанційного контролю і виявлення місць пошкоджень ЛЕП на основі клієнт-серверного додатка

С.А. Тимчук, А.А. Левтеров, Ю.А. Нечитайло

У статті Тимчука С.О., Левтерова О.А., Нечитайло Ю.А. «Застосування БПЛА і систем дистанційного контролю і виявлення місць пошкоджень ЛЕП на основі клієнт-серверного додатка» проведено огляд методів і засобів скорочення часу недопоставки електроенергії в розподілених мережах 10кВ. Описано недоліки існуючих методів і програмно-апаратних засобів виявлення пошкоджень (несправностей) розподілених мереж 10кВ в умовах складного рельєфу, пов'язані з транспортними ресурсами. Обґрунтовано застосування сучасних програмно-апаратних засобів дистанційного контролю і моніторингу пошкоджень (несправностей) розподілених мереж 10кВ, де основним критерієм є економічна доцільність. Запропоновано застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у складі програмно-апаратного комплексу на основі клієнт-серверних додатків. Запропоновано модель розрахунку часу пошуку несправностей і аналізу даних, що надходять з діагностичного модуля безпілотних літальних апаратів, заснованого на контролі фізичних параметрів (акустичні, відео, електромагнітні та ін.) розподілених мереж 10кВ в умовах складного рельєфу й різних погодних умов. Передача даних від діагностичного модуля, розміщеного на безпілотному літальному апараті, здійснюється по радіоканалу (GSM, WiFi, GPRS, EDGE, UMTS, HSPA +, LTE). Вибір радіоканалу визначається умовами покриття в зоні дії безпілотного літального апарату, виходячи з найбільш стійкого прийому. Первинна обробка здійснюється за допомогою додатка Android, розміщеного на борту безпілотного літального апарату. Програмне забезпечення серверної частини складається з трьох частин: збір інформації від одного або декількох БПЛА (за потреби); візуальне відображення місця розташування БПЛА на карті розміщення ліній електропередач; аналіз даних, що надходять, і розрахунок варіантів оптимального рішення для ліквідації несправностей ліній електропередач (методами евристичного аналізу). Розглянуто можливість застосування декількох БПЛА (в тому числі з корекцією маршруту як в автоматичному, так і в ручному режимі) з метою значного скорочення часу пошуку несправностей (пошкоджень) розподілених мереж 10кВ.

Ключові слова: електропостачання, безпілотний літальний апарат, розподілені мережі, пошкодження, клієнт-серверний додаток

Abstract

Application of UAVs and systems for remote monitoring and search for power transmission line faults based on a client-server application

S.A. Tymchuk, A.A. Levterov, J.A. Nechitailo

In the article by Sergey Tymchuk, Alexander Levterov, Julia Nechitailo, "Application of UAVs and systems for remote monitoring and search for power transmission line faults based on a client-server application", a

review of methods and means of reducing the time of shortage of electricity in 10kV distributed networks was carried out. The disadvantages of existing methods and software and hardware for detecting damage (malfunctions) of 10 kV distributed networks in difficult terrain conditions associated with transport resources have been described. The use of modern software and hardware for remote control and monitoring of damage (malfunctions) of 10 kV distributed networks, where the main criterion is economic feasibility is justified. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) as part of a software and hardware complex based on client-server applications is proposed. A model for calculating the time of troubleshooting and data analysis is proposed. Data from the diagnostic module of unmanned aerial vehicles, based on the control of physical parameters (acoustic, video, electromagnetic, etc.) of 10 kV distributed networks in difficult terrain and various weather conditions are received. Data transmission from the diagnostic module located on the unmanned aerial vehicle via radio (GSM, WiFi, GPRS, EDGE, UMTS, HSPA +, LTE) is carried out. The choice of the radio channel by the coverage conditions in the area of the unmanned aerial vehicle is determined based on the most stable reception. Primary processing is carried out using the Android application on board the unmanned aerial vehicle. The server side software consists of three parts: collecting information from one or several UAVs (if necessary); visual display of the location of the UAV on the map of the location of power lines; analysis of incoming data and calculation of options for the optimal solution for eliminating faults in power lines (using heuristic analysis methods). The possibility of using several UAVs (including with route correction both in automatic and manual modes) in order to significantly reduce the time for troubleshooting (damage) of 10 kV distributed networks is considered.

Keywords: *power supply, unmanned aerial vehicle, distributed networks, damage, client-server application*

Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Tymchuk, S. A., Levterov, A. A. and Nechitailo, Y. A. (2020) 'Application of UAVs and systems for remote monitoring and search for power transmission line faults based on a client-server application', *Engineering of nature management*, (2(16)), pp. 6 - 11.

Подано до редакції / Received: 22.08.2020