

УДК 614.8

Аварии на системах электроснабжения: определение индекса приоритета восстановления электроснабжения

ISSN 1996-8493
DOI:10.54234/CST.19968493.2022.19.4.74
© Технологии гражданской безопасности, 2022

В.А. Акимов, А.В. Мишурный

Аннотация

В статье представлено краткое описание методики выявления потребителей, последствия прекращения передачи электрической энергии которым из-за повреждения объектов электросетевого хозяйства или оборудования объектов по производству электрической энергии несут наибольший ущерб жизнедеятельности населения.

Ключевые слова: аварии на системах электроснабжения; индекс приоритета восстановления электроснабжения; характеристика потребителей электрической энергии; характеристика массовых повреждений электросетевых объектов; обобщенный индекс важности потребителей; обобщенный индекс важности обесточенной трансформаторной подстанции.

Accidents on Power Supply Systems: Determination of the Priority Index for Restoring Power Supply

ISSN 1996-8493
DOI:10.54234/CST.19968493.2022.19.4.74
© Civil Security Technology, 2022

V. Akimov, A. Mishurny

Abstract

The article presents brief description of the methodology for identifying consumers, bearing the greatest damage to the vital activity of the population, as the consequences of the electric energy transmission termination due to the damage to electric grid facilities or equipment of facilities for the electric energy production.

Key words: accidents on power supply systems; priority index of the power supply restoration; characteristics of electric energy consumers; mass damages characteristics of power grid facilities; generalized index of consumers importance; generalized importance index of de-energized transformer substation.

22.07.2022

Согласно [1, 2] основными причинами массовых нарушений электроснабжения потребителей в Российской Федерации являются:

значительный износ оборудования электрических сетей (общий износ распределительных электрических сетей достиг 70%);

ненадлежащее техническое обслуживание объектов электросетевого хозяйства;

воздействие экстремальных погодных условий (ледяной дождь, сильный снегопад, аномально низкая температура и ветровая нагрузка).

С целью эффективного проведения аварийно-восстановительных работ по устранению устойчивого повреждения оборудования, возникшего в результате аварии на системе электроснабжения, для каждого обесточенного потребителя электрической энергии важно определить индекс приоритета восстановления электроснабжения (далее — индекс).

Этот индекс должен учитывать следующие факторы [3]:

отнесение потребителя электрической энергии к потребителям, ограничение режима потребления электрической энергии которых может привести к экономическим, экологическим или социальным последствиям;

степень участия потребителя электрической энергии в обеспечении жизнедеятельности населения;

численность людей в зданиях потребителя электрической энергии;

расчетное время, при котором потребитель может функционировать при отключении основного источника электроснабжения при наличии у него независимого источника питания — автономного резервного источника питания;

время года и день недели, в которые произошло обесточение потребителя электрической энергии.

Для определения индекса необходимо знать [4]:

перечень трансформаторных подстанций (ТП), обесточенных в результате повреждения электросетевых объектов;

перечень потребителей электрической энергии, которые подключены к обесточенным ТП;

сведения о наличии у этих потребителей автономных резервных источников питания и запасов для обеспечения их работы.

Исходными данными для определения индекса являются:

характеристика потребителей электрической энергии, расположенных на территории муниципального района (городского округа);

характеристика массовых повреждений электросетевых объектов.

Состав входных данных, характеризующих потребителей электрической энергии, ограничение режима которых может привести к экономическим, экологическим или социальным последствиям, приведен в табл. 1.

Значения параметра «Категория потребителя» (см. табл. 1) следует определять согласно списку значений, приведенному в [3].

Состав входных данных, характеризующих прочих потребителей электрической энергии, приведен в табл. 2.

Значения параметра «Вид потребителя» (см. табл. 2) следует определять согласно списку значений, приведенному в [4].

Состав входных данных, характеризующих массовое повреждение электросетевых объектов, приведен в табл. 3.

В отношении потребителей, ограничение режима которых может привести к экономическим, экологическим или социальным последствиям, а также потребителей с коэффициентом относительной важности равным 1, Индекс определяется в зависимости от наличия или отсутствия у них автономного резервного источника питания.

В отношении прочих потребителей индекс определяется в зависимости от следующих факторов:

количества потребителей, подключенных к каждой обесточенной ТП;

коэффициента относительной важности потребителей;

численности людей (проживающих, работников, пациентов, отдыхающих и т. д.) в зданиях потребителей.

Обобщенный индекс важности потребителей, подключенных к j -ой обесточенной ТП, определяется по формуле:

$$I_j^B = 0,8 \sum_{i=1}^n K_i^B + 0,2 \sum_{i=1}^n K_i^Л, \quad (1)$$

где:

K_i^B — коэффициент относительной важности i -ого потребителя, подключенного к j -ой обесточенной ТП;

Таблица 1

Характеристика потребителей электрической энергии, ограничение режима которых может привести к экономическим, экологическим или социальным последствиям

| № п/п | Наименование параметра | Ед. измерения |
|-------|--|--------------------|
| 1 | Условный номер (код) потребителя | - |
| 2 | Наименование потребителя | - |
| 3 | Географические координаты местоположения потребителя | - |
| 4 | Категория потребителя | - |
| 5 | Наличие у потребителя автономного резервного источника питания | Бинарный {да, нет} |
| 6 | Расчетное время, при котором потребитель может функционировать при отключении основного электроснабжения | ч |
| 7 | Условный номер (код) ТП, от которой осуществляется электроснабжение потребителя | - |
| 8 | Географические координаты места расположения ТП, от которой осуществляется электроснабжение потребителя | - |

Таблица 2

Характеристика прочих потребителей электрической энергии

| № п/п | Наименование параметра | Ед. измерения |
|-------|--|--------------------|
| 1 | Условный номер (код) потребителя | - |
| 2 | Наименование потребителя | - |
| 3 | Географические координаты местоположения потребителя | - |
| 4 | Вид потребителя | - |
| 5 | Расчетное количество жителей (служащих, пациентов, учащихся и т.д.) | чел. |
| 6 | Наличие у потребителя автономного резервного источника питания | Бинарный {да, нет} |
| 7 | Расчетное время, при котором потребитель может функционировать при отключении основного электроснабжения | ч |
| 8 | Условный номер (код) ТП, от которой осуществляется электроснабжение потребителя | - |
| 9 | Географические координаты места расположения ТП, от которой осуществляется электроснабжение потребителя | - |

Таблица 3

Характеристика массовых повреждений электросетевых объектов

| № п/п | Наименование параметра | Ед. измерения |
|-------|--|---------------|
| 1 | Время и дата массовых повреждений электросетевых объектов | - |
| 2 | Перечень условных номеров (кодов) отключенных ТП, осуществляющих электроснабжение потребителей | - |

K_i^A — коэффициент, учитывающий численность людей в зданиях i -ого потребителя, подключенного к j -ой обесточенной ТП;

0,8 и 0,2 — коэффициенты, учитывающие важность критериев K_i^B и K_i^A соответственно;

n — количество потребителей, подключенных к j -ой обесточенной ТП.

Коэффициент, учитывающий численность людей в зданиях i -ого потребителя, определяется по формуле:

$$K_i^A = \frac{N_i}{N_{\max}}, \quad (2)$$

где:

N_i — численность людей в зданиях i -ого потребителя, чел.;

N_{\max} — максимальная численность людей в зданиях среди всех обесточенных потребителей с коэффициентом относительной важности менее 1, чел.

Удельный вес значения обобщенного индекса важности j -ой обесточенной ТП ($SW_j, \%$) в общей сумме значений обобщенных индексов важности определяется по следующей зависимости:

$$SW_j = 100 \frac{I_j^B}{\sum_{j=1}^m I_j^B}, \quad (3)$$

где m — количество обесточенных ТП.

Доля удельного веса обобщенного индекса важности j -ой обесточенной ТП определяется нарастающим итогом в общей сумме значений обобщенных индексов важности по формуле:

$$F_j = \begin{cases} SW_j, & j = 1 \\ F_{j-1} + SW_j, & 1 < j \leq m. \end{cases} \quad (4)$$

Индекс приоритета восстановления электроснабжения j -ой ТП определяется согласно критериям, представленным в табл. 4.

Таблица 4

Критерии определения индекса приоритета восстановления электроснабжения потребителей

| Значение индекса | Приоритет восстановления электроснабжения | Критерии определения индекса |
|------------------|---|--|
| 1 | Максимальный | $F_j \leq 50$, при отсутствии обесточенных потребителей с коэффициентом относительной важности, равным 1 |
| 2 | Средний | $50,01 < F_j \leq 80$, при отсутствии обесточенных потребителей с коэффициентом относительной важности, равным 1; $F_j \leq 50$, при наличии обесточенных потребителей с коэффициентом относительной важности, равным 1 |
| 3 | Минимальный | $80,01 < F_j \leq 100$, при отсутствии обесточенных потребителей с коэффициентом относительной важности, равным 1; $50,01 < F_j \leq 100$, при наличии обесточенных потребителей с коэффициентом относительной важности, равным 1 |

В ходе проведения аварийно-восстановительных работ индекс приоритета восстановления электроснабжения подлежит пересчету каждые три часа с учетом уточненного перечня обесточенных потребителей.

Таким образом, в статье представлено краткое описание методики выявления потребителей, последствия прекращения передачи электрической энергии которым несут наибольший ущерб жизнедеятельности населения.

Классические модели формализованного описания чрезвычайных ситуаций техногенного характера представлены в [5–9], а постнеклассические модели — в [10–12].

Литература

1. Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 апреля 2013 г. № 511-р.
2. **Акимов В. А., Иванова Е. О., Мишурный А. В.** АПК «Безопасный город»: исходные данные для прогнозирования последствий отключения электроснабжения // *Гражданская защита*. 2022. № 9 (565). С. 59–61.
3. Прогнозно-аналитические решения по природным, техногенным и биолого-социальным угрозам единой системы информационно-аналитического обеспечения безопасности среды жизнедеятельности и общественного порядка «Безопасный город»: Монография / В. А. Акимов, А. В. Мишурный, О. В. Якимюк и др. / Под ред. А. П. Чуприяна / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2022. 316 с.
4. Предварительный национальный стандарт Российской Федерации ПНСТ 767-2022 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Безопасный город. Прогнозирование последствий отключения электроэнергии. Общие требования».
5. *Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Системные исследования чрезвычайных ситуаций.* М.: Общество «Знание», 2015. 864 с.
6. *Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Научные основы техногенной безопасности.* М.: МГОФ «Знание», 2015. 936 с.
7. *Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Сводный том. Фундаментальные и прикладные проблемы комплексной безопасности.* М.: МГОФ «Знание», 2017. 992 с.
8. *Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Техногенная, технологическая и техносферная безопасность.* М.: МГОФ «Знание», 2018. 1016 с.
9. *Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Анализ и обеспечение защищенности от чрезвычайных ситуаций.* М.: МГОФ «Знание», 2021. 500 с.
10. **Акимов В. А., Бедило М. В., Суцев С. П.** Исследование чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера современными научными методами: Монография. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. 180 с.
11. **Акимов В. А.** Приложения общей теории безопасности к исследованию чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера // *Технологии гражданской безопасности*. 2021. Т. 18. Спецвыпуск. С. 12–27.
12. **Акимов В. А., Диденко С. Л., Олтян И. Ю.** Нелинейная наука для исследования аварий, катастроф и стихийных бедствий. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2020. 134 с.

Сведения об авторах

Акимов Валерий Александрович: д. т. н., проф., засл. деятель науки РФ, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), гл. н. с. института. Москва, Россия. SPIN-код: 8120-3446.

Мишурный Андрей Викторович: АО «Объединенная приборостроительная корпорация», руковод. проектн. офиса «Безопасный город». Москва, Россия. SPIN-код: 2799-6308.

Information about authors

Akimov Valery A.: ScD (Technical Sc.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Chief Researcher of the Institute. Moscow, Russia. SPIN-scientific: 8120-3446.

Mishurny Andrey V.: JSC «United Instrument-Making Corporation», Head of the Project Office «Safe City». Moscow, Russia. SPIN-scientific: 2799-6308.

Издания ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

| Авторы, название | URL |
|---|---|
| <i>Акимов В.А. и др.</i> Стандартизация в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций. Монография. В 2-х т. Т. I. | https://elibrary.ru/item.asp?id=29741180 |
| <i>Акимов В.А. и др.</i> Стандартизация в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций. Монография. В 2-х т. Т. II. | https://elibrary.ru/item.asp?id=29919459 |
| <i>Пучков В.А. и др.</i> Огнеборцы. Литературно-художественный публицистический сборник | https://elibrary.ru/item.asp?id=29281821 |
| <i>Афлятунов Т.И. и др.</i> Сборник примерных программ курсового обучения населения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций | http://elibrary.ru/item.asp?id=29013219 |
| <i>Пучков В.А.</i> Настольная книга руководителя гражданской обороны. Изд. 4-е, актуализ. и дополн. | https://elibrary.ru/item.asp?id=29352006 |
| <i>Батырев В.В. и др.</i> Оценка эффективности и качества фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания населения в чрезвычайных ситуациях | https://elibrary.ru/item.asp?id=29741192 |
| <i>Талмач М.С. и др.</i> Учебное пособие по дисциплине «Экстремальная психология» для курсантов МЧС России | https://elibrary.ru/item.asp?id=29853968 |
| <i>Фалеев М.И. и др.</i> Экономические механизмы ресурсного обеспечения мероприятий по защите населения и территорий от угроз военного, природного и техногенного характера | https://elibrary.ru/item.asp?id=29860580 |
| <i>Акимов В.А.</i> Междисциплинарные исследования проблем безопасности | https://elibrary.ru/item.asp?id=32369931 |
| <i>Артамонов В.С. и др.</i> Историческая пожарно-спасательная энциклопедия | https://elibrary.ru/item.asp?id=32288725 |