

УДК 654.071.13:004

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Хорольский В.Я., Аникуев С.В., Федосеева Т.С., Шемякин В.Н., Шарипов И.К.

*ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»,
Ставрополь, e-mail: f.tatyana.s@mail.ru*

Несмотря на повсеместное развитие информационных технологий во всех сферах человеческой деятельности, большая часть функционала сотрудников электросетевых предприятий не автоматизирована, в связи с чем они вынуждены зачастую принимать решения либо на основе своего опыта, либо вручную прорабатывать огромное количество справочной документации. В настоящей статье предлагается комплекс программных средств, позволяющий устранить недостатки автоматизированных систем управления электросетевыми предприятиями, имеющихся на современном рынке. Разработанный программный комплекс позволяет выполнять в автоматическом режиме такие функции, как определение числа ремонтных бригад, необходимых для устранения поломки в кратчайшие сроки, определение параметров того или иного оборудования, расчет надежности электрооборудования, используемого на электросетевом предприятии. Описаны алгоритмы работы разработанных программ, благодаря которым будет улучшена эффективность работы сотрудников и эффективность работы предприятия в целом.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления, автоматизация, оптимальное управление, промышленные предприятия, управление технологическими процессами, информационные технологии, расчет надежности электрооборудования

SOFTWARE COMPLEX FOR AUTOMATION OF ACTIVITIES OF OFFICIALS OF POWER GRID ENTERPRISES

Khorolskiy V.Ya., Anikuev S.V., Fedoseeva T.S., Shemyakin V.N., Sharipov I.K.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Stavropol State Agrarian University», Stavropol, e-mail: f.tatyana.s@mail.ru*

Despite the widespread development of information technologies in all spheres of human activities, a large part of the functionality of employees of power grid companies are not automated, therefore they are often forced to make decisions based on either my experience, or is forced to manually work through a huge amount of help documentation. In this article we propose a set of software tools to address the shortcomings of automated control systems of power grid enterprises available on the market today. The developed program complex allows to perform in automatic mode, functions such as determination of the number of repair crews required to eliminate breakdowns in the shortest possible time, the determination of the parameters of the equipment, calculation of reliability of electrical equipment used in power grid enterprise. Describes the algorithms developed programmes that will be improved employee productivity and the efficiency of the enterprise as a whole.

Keywords: automated control systems, automation, optimal control of industrial enterprises, control of technological processes, information technology, calculation of reliability of electrical equipment

Существующие на сегодняшний день автоматизированные системы управления деятельностью должностных лиц электросетевого предприятия имеют серьезные недостатки, которые снижают эффективность работы сотрудников предприятия и эффективность функционирования предприятия в целом. К основным недостаткам относятся следующие:

- отсутствуют механизмы научно обоснованного выбора количества ремонтных бригад;

- нет возможности автоматизировать процедуру выбора необходимого оборудования в той или иной ситуации ввиду отсутствия электронных баз данных для электросетевого оборудования;

- процедура расчета надежности по статистическим данным об отказах электрооборудования не автоматизирована;

- не автоматизированы крайне времязатратные процессы планирования (такие как процедуры технического обслуживания и ремонта).

Для решения данных проблем нами разработан программный комплекс, позволяющий автоматизировать деятельность должностных лиц электросетевых предприятий. За основу принята структура автоматизированного рабочего места руководителя электротехнической службы [1]. Структурная схема комплекса, полученного нами в процессе доработки указанной схемы, представлена на рис. 1.

В электроэнергетике значительная часть отказов связана с перерывами в подаче электроэнергии, которые вызывают значительные экономические потери. Также зачастую отсутствуют механизмы научно обоснованного выбора количества ремонтных бригад.



Рис. 1. Структурная схема программного комплекса для автоматизации деятельности должностных лиц электросетевого предприятия: ППРЭ – планово-предупредительный ремонт электрооборудования; ТОР – техническое обслуживание и ремонт

Предположим, что устранением текущих неисправностей занимается местный обслуживающий персонал, а дополнительные бригады привлекаются только для определенного объема повреждений. Тогда мы вправе рассматривать систему массового обслуживания как систему с отказом. Для электроэнергетики Северного Кавказа типичное среднее время устранения одной неисправности составляет 3,33 ч [2]. Пусть интенсивность потока отключения варьирует в диапазоне от 0,1 до 10 (0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; ..., 10), а число ремонтных бригад в зависимости от ситуации от 1 до 40. В качестве показателей эффективности будем рассматривать: вероятность обслуживания ($P_{\text{обс}}$) и коэффициент занятости персонала (k_3):

$$P_{\text{обс}} = 1 - p_n = p_0 \frac{p^n}{n!}, \quad (1)$$

$$k_3 = \frac{k}{n} = \frac{\rho(1 - p^n)}{n}. \quad (2)$$

Нами была разработана программа для двухкритериальной оптимизации при вы-

боре числа ремонтных бригад в электрических сетях, которая автоматически производит расчет и выдает результат расчета в виде таблицы (рис. 2). На этот программный продукт нами получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ [3].

По результатам расчетов программный продукт автоматически строит график следующего вида (рис. 3).

Проследив динамику изменения показателей: вероятность обслуживания ($P_{\text{обс}}$) и коэффициент занятости персонала (k_3), можно сделать вывод о том, что число ремонтных бригад будет оптимальным в том случае, когда вероятность обслуживания и коэффициент занятости будут равны при постоянных значениях $\lambda = \text{const}$ и $t_{\text{обс}} = \text{const}$. Таким образом, условием оптимальности рассматриваемой задачи являются $n_{\text{опт}} = 4$ и $P_{\text{обс}} = 0,67$.

На графике (рис. 3) показана кривая оптимальных значений количества каналов обслуживания при постоянных значениях $\lambda = \text{const}$, $t_{\text{обс}} = \text{const}$ и $P_{\text{обс}} = k_3$ [4].

Результат	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Результат	0.1	0.750	0.950	0.996	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Результат	0.25	0.548	0.841	0.958	0.991	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Результат	0.5	0.375	0.658	0.840	0.938	0.980	0.994	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Результат	1	0.251	0.439	0.616	0.758	0.861	0.928	0.967	0.986	0.995	0.998	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Результат	2	0.131	0.257	0.377	0.491	0.596	0.690	0.772	0.841	0.895	0.934	0.962	0.979	0.989	0.995	0.998	0.999
Результат	3	0.091	0.180	0.268	0.354	0.436	0.516	0.591	0.662	0.727	0.786	0.837	0.881	0.916	0.943	0.964	0.978
Результат	4	0.070	0.139	0.207	0.275	0.341	0.406	0.469	0.531	0.590	0.647	0.701	0.751	0.796	0.838	0.874	0.905
Результат	5	0.057	0.113	0.169	0.224	0.279	0.333	0.387	0.439	0.491	0.541	0.590	0.637	0.683	0.726	0.767	0.805
Результат	6	0.048	0.095	0.142	0.189	0.236	0.282	0.328	0.373	0.418	0.462	0.506	0.549	0.590	0.631	0.671	0.709
Результат	7	0.041	0.082	0.123	0.164	0.204	0.244	0.284	0.324	0.364	0.403	0.441	0.480	0.517	0.554	0.591	0.627
Результат	8	0.036	0.072	0.108	0.144	0.180	0.215	0.251	0.286	0.321	0.356	0.391	0.425	0.459	0.493	0.526	0.559
Результат	9	0.032	0.065	0.097	0.129	0.161	0.193	0.224	0.256	0.288	0.319	0.350	0.381	0.412	0.443	0.473	0.503
Результат	10	0.029	0.058	0.087	0.116	0.145	0.174	0.203	0.232	0.260	0.289	0.317	0.345	0.374	0.402	0.429	0.457
Результат	1	0.250	0.160	0.111	0.083	0.067	0.055	0.048	0.042	0.037	0.033	0.030	0.028	0.026	0.024	0.022	0.021
Результат	0.25	0.454	0.350	0.266	0.206	0.166	0.139	0.119	0.104	0.092	0.083	0.076	0.069	0.064	0.059	0.055	0.052
Результат	0.5	0.625	0.548	0.466	0.390	0.326	0.276	0.238	0.208	0.185	0.166	0.151	0.139	0.128	0.119	0.111	0.104
Результат	1	0.769	0.730	0.684	0.631	0.573	0.515	0.460	0.411	0.368	0.332	0.303	0.277	0.256	0.238	0.222	0.208
Результат	2	0.869	0.855	0.838	0.817	0.794	0.766	0.735	0.700	0.662	0.622	0.582	0.543	0.507	0.473	0.443	0.416
Результат	3	0.909	0.902	0.893	0.883	0.872	0.859	0.844	0.827	0.807	0.785	0.760	0.733	0.704	0.673	0.642	0.611
Результат	4	0.950	0.926	0.921	0.915	0.909	0.901	0.895	0.884	0.874	0.862	0.848	0.833	0.816	0.797	0.776	0.753
Результат	5	0.943	0.940	0.937	0.933	0.929	0.925	0.920	0.914	0.908	0.901	0.895	0.885	0.875	0.864	0.851	0.837
Результат	6	0.951	0.950	0.948	0.945	0.943	0.939	0.936	0.932	0.928	0.924	0.919	0.914	0.907	0.901	0.893	0.885

Рис. 2. Фрагмент таблицы с результатами расчета

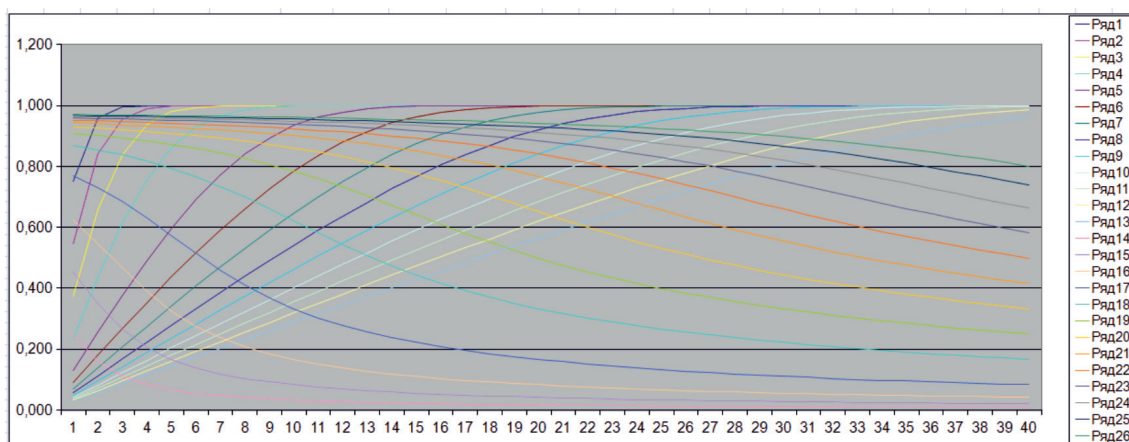


Рис. 3. Зависимость вероятности обслуживания и коэффициента занятости от числа ремонтных бригад

Полученные кривые позволяют сделать вывод о том, что при уменьшении числа каналов и потока заявок вероятность обслуживания и коэффициент занятости уменьшаются. Особенно это характерно для небольших значений n и λ [5].

Еще одна острая проблема – отсутствие электронных баз данных используемого оборудования, в связи с чем руководителям приходится вручную перерабатывать огромное количество справочной документации, что приводит к снижению эффективности работы предприятия. На сегодняшний день нами частично разработана база данных по электрооборудованию, где особое внимание нами было уделено опорам ЛЭП, потому что они являются одним из основных видов электрооборудования, используемым электросетевыми предприятиями. Данный программный продукт позволяет автоматически осуществлять процесс выбора необходимого оборудования по заданному критерию.

В практике работы районных электрических сетей ведутся специальные журна-

лы, в которых фиксируются сведения об отказах электрооборудования. В этой документации учитываются такие параметры, как тип оборудования, марка оборудования, время наступления его отказа, а также время восстановления работоспособного состояния оборудования. При этом к журналам предъявляется следующее требование: их форма должна предусматривать возможность обработки данных на персональном компьютере [6].

Причины отказов электрооборудования определяются посредством сбора и обработки информации об этих отказах, помимо этого происходит корректировка данных об интенсивностях отказов типовых элементов электрооборудования, на основании этих данных оптимизируется работа электросетевых предприятий по созданию необходимого резервного фонда оборудования. Эти статистические данные учитываются при расчете сроков проведения технических обслуживаний и ремонтов и расчете численности необходимого обслуживающего персонала.

Процедура расчета надежности по имеющимся статистическим данным может реализовываться как во время испытаний оборудования на надежность, так и на основе опыта его эксплуатации на протяжении определенного временного интервала.

Определение вида функции распределения и параметров распределения исследуемой случайной величины является наиболее типичной постановкой задачи при экспериментальной оценке надежности [7].

Процедура обработки используемого статистического материала включает в себя несколько этапов: на первом создается таблица, в которую заносят информацию о потоке отказов, на втором, на основе анализируемой информации, строится вариационный ряд, в котором случайная величина располагается в порядке возрастания.

Однако при наличии большого количества наблюдений этот вариационный ряд становится довольно неудобным для занесения в него статистических сведений.

Весь диапазон полученных значений случайной величины в этом случае делится на интервалы и производится подсчет количества членов выборки, приходящихся на каждый интервал. Полученное число делится на общее число наблюдений. Затем определяется частота, соответствующая каждому интервалу:

$$p_i^* = \Delta n_i / N, \quad (3)$$

где N – суммарное количество наблюдений; Δn_i – общее число отключений, наблюдаемое в данном интервале.

На следующем этапе на базе сформированного статистического ряда строится гистограмма, по оси абсцисс которой откладываются разряды.

Далее, анализируя вид полученной гистограммы, строится гипотеза о предполагаемом законе распределения для случайной величины и в соответствии с этим законом определяются ее основные параметры. Впоследствии рассчитывается теоретическая вероятность попадания анализируемой случайной величины в каждый интервал, и по полученным данным происходит построение теоретической кривой.

Однако при анализе полученных гистограммы и выравнивающей её кривой можно заметить, что между ними имеется определенная погрешность. В реальных условиях избежать этого невозможно. Поэтому остро встает вопрос о необходимости согласования теоретических и реальных данных. Для решения этой задачи осуществляется проверка по так называемым критериям согласия. Наилучшие результаты в этом плане дают критерии Колмогорова и χ^2 -Пирсона.

В случае использования первого из перечисленных критериев в качестве меры расхождения между теоретическим и статистическим распределением рассматривается максимальное значение модуля разности между теоретической и экспериментальной кривыми. Тогда, условие согласованности определяется следующей формулой:

$$\Delta x = \Delta F \sqrt{N} \leq 1, \quad (4)$$

где $\Delta F = \max|F^*(t) - F(t)|$ – максимальное отклонение экспериментальной кривой от кривой, построенной по теоретическим данным;

N – суммарное количество анализируемых экспериментальных данных.

Но указанный критерий имеет недостаток: для его использования необходимо знать не только вид функции распределения, но и её параметры, что далеко не всегда можно реализовать в реальных условиях, а если опираться только на статистические данные, можно получить абсолютно неверные результаты.

Второй критерий не требует построения самого закона распределения случайной величины. Для его использования достаточно задаться только общим видом функции распределения, а числовые параметры, которые в нее входят, можно определить экспериментальным путем.

Далее определяется мера расхождения по формуле

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(\Delta n_i - N p_i)^2}{N p_i}, \quad (5)$$

где k – полное число интервалов полученного ряда;

p_i – вероятность попадания случайной величины в i -й интервал, которая вычисляется для использования теоретического распределения;

N – суммарное количество проведенных испытаний.

Для применения критерия Пирсона необходимым условием является, чтобы $N \geq 50 \dots 60$, $k > 6 \dots 8$. При этом распределение Пирсона зависит от числа степеней свободы $s = k - z - 1$, где z – общее число рассчитываемых параметров распределения [8].

Для того чтобы проверить гипотезу об экспоненциальном законе распределения случайной величины, под которой будем понимать время восстановления, нужно определить следующие параметры:

Среднее время восстановления оборудования:

$$T_B^* = \sum_{i=1}^k \bar{t}_i p_i^*. \quad (6)$$

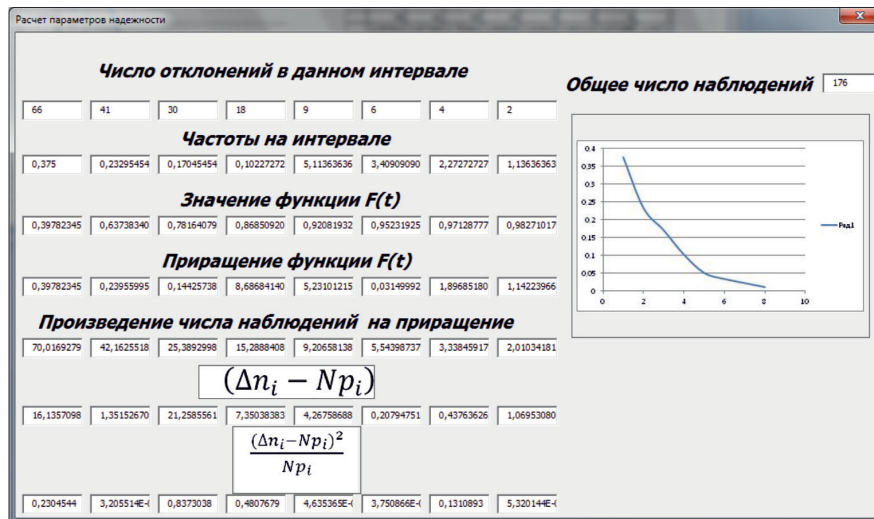


Рис. 4. Интерфейс программы для расчета надежности по статистическим данным об отказах электрооборудования

Задаться значениями теоретической кривой, которая строится по следующему закону:

$$F(t) = Q(t) = 1 - e^{-t/T_B^*} \quad (7)$$

При этом поэтапно рассчитываются промежуточные величины, которые необходимы для получения критерия. Для решения этой задачи используются величины p_i , которые равны приращению рассматриваемой функции распределения $F(t)$ на i -м анализируемом участке (рис. 4).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^8 \frac{(\Delta n_i - N p_i)^2}{N p_i} \quad (8)$$

По результатам вышеизложенных исследований нами разработан программный продукт в среде Visual Basic for Application, который позволяет произвести все вышеуказанные вычисления, опираясь на исходные данные об отказах электрооборудования (рис. 4). На этот программный продукт нами подана заявка и получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ [9].

Таким образом, проведя анализ имеющихся сегодня на рынке автоматизированных систем управления электросетевыми предприятиями, авторы сделали вывод, что они имеют ряд недостатков, из-за чего должностным лицам приходится принимать важные решения, например такие как, определение числа ремонтных бригад, необходимых для устранения отказов в кратчайшие сроки, определение параметров того или иного оборудования, используемого на предприятии, и ряд других, основываясь на своем личном опыте, либо им приходится вручную перера-

батывать огромное количество справочной документации, что приводит к снижению эффективности их работы. Предлагаемые в данной статье программные продукты позволяют устранить эти недостатки и, соответственно, вывести автоматизацию электросетевых предприятий на новый уровень.

Список литературы

1. Основные научно-технические требования к созданию и развитию автоматизированных систем управления районов электрических сетей (АСУ РЭС). – М.: РАО ЕЭС России, ВНИИЭ, 1996. – 67 с.
2. Хорольский В.Я., Аникуев С.В., Федосеева Т.С., Шарипов И.К. Вероятностно-статистическая оценка аварийных выключений в городских электрических сетях // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=17054> (дата обращения: 30.01.2018).
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014662096. Программа для двухкритериальной оптимизации при выборе числа ремонтных бригад в электрических сетях / Хорольский В.Я., Аникуев С.В., Воротников И.Н., Федосеева Т.С., Мастепаненко М.А., Шарипов И.К. Заявка № 2014619981; заявл. 06.10.14; опубл. 24.11.14.
4. Секушин Н.А. Автоматизированное управление предприятием: учеб. пособие / Н.А. Секушин. – Сыктывкар: ЛСИ, 2013. – 42 с.
5. Основные положения по созданию автоматизированных систем управления предприятий электрических сетей (АСУ ПЭС). – М., Минэнерго СССР, ВНИИЭ, ГВЦ, ЦДУ ЕЭС СССР, Энергосетьпроект, Союзтехэнерго под руководством Главного конструктора ИОАСУ-Энергия А.Ф. Дьякова, 1989. – 21 с.
6. Яшура А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования: справочник / А.И. Яшура. – М.: ЭНАС, 2010. – 504 с.
7. Помогаев Ю.М. Эксплуатация электрооборудования на предприятиях агропромышленного комплекса: учебное пособие / Помогаев Ю.М., Пархоменко Г.А., Коробов Г.В.: под общ. ред. Пархоменко Г.А. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2013. – 414 с.
8. Система показателей для технико-экономической оценки дипломных проектов [Электронный ресурс]. – URL: <http://rushkolnik.ru/docs/index-37594896.html> (дата обращения 30.01.2018).
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014617795. Расчет надежности по статистическим данным об отказах электрооборудования / Хорольский В.Я., Аникуев С.В., Воротников И.Н., Федосеева Т.С., Мастепаненко М.А., Шарипов И.К. Заявка № 2014615548; заявл. 10.06.14; опубл. 04.08.14.