

УДК 658.58:303.732

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ЕГО РЕМОНТНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Баяндина Ю.С., Хорошев Н.И.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, e-mail: yu.bayandina@mail.ru, horoshev@msa.pstu.ru*

В статье рассмотрен вопрос повышения точности планирования ремонтно-профилактических работ электрооборудования. Использование многокритериальной оценки для определения количественных и качественных показателей технического состояния оборудования позволяет максимально увеличить качество его обслуживания и ремонта, свести к минимуму денежные и временные затраты. Проведен анализ и выбор ключевых факторов, влияющих на планирование сроков ремонтно-профилактических работ оборудования. На основе аналитического метода иерархий разработана структура критериев для группы исследуемых электродвигателей. Проведено ранжирование электродвигателей по степени критичности их технического состояния с целью планирования для них сроков вывода в ремонт. Предложенный способ повышения эффективности технического обслуживания и ремонта электрооборудования имеет практический интерес и может быть использован в промышленных условиях, поскольку позволяет своевременно предупреждать возникновение критических аварийных ситуаций, в том числе в условиях неопределенности.

Ключевые слова: планирование, техническое обслуживание и ремонт, оборудование, техническое состояние

COMPLEX EVALUATION OF TECHNICAL CONDITION OF ELECTRICAL EQUIPMENT IN ITS PLANNING MAINTENANCE AND REPAIR WORK

Bayandina Yu.S., Khoroshev N.I.

*Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: yu.bayandina@mail.ru,
horoshev@msa.pstu.ru*

In article the question of improving the accuracy of planning maintenance and repair work electrical equipment. Using the multicriteria evaluation for determining quantitative and qualitative indicators the state of technical equipment maximizes the quality of its maintenance and repair, to minimize the time and money costs. The analysis and selection of the key factors, influencing the scheduling of maintenance and repair work the equipment. On the basis of the analytical method hierarchies, hierarchical structure of the criteria for a group of motors has been developed. Conducted ranking electric motors by the degree criticality of their technical state in order to plan for them timetable for the withdrawal repair. Proposed method for increasing efficiency the maintenance and repair electrical equipment has a practical interest and can be used in industrial applications, since it allows a timely manner to prevent the occurrence critical emergency situations, including in conditions of uncertainty.

Keywords: planning, maintenance and repairs, equipment, technical condition

Эффективность использования электрооборудования напрямую зависит от объема и периодичности технического обслуживания и ремонта электродвигателей. На начальном этапе планированием занимаются специалисты подразделений, которые отвечают либо за конкретный технологический участок, либо за определенный вид оборудования [3]. Принимая решение о необходимости проведения профилактических мероприятий, для агрегатов, узлов или сборочных единиц, необходимо учитывать множество критериев и накладываемые ограничения трудового, временного и финансового характера. В данном случае использование многокритериальной оценки количественных и качественных показателей является целесообразным и актуальным, так как появляется возможность максимально увеличить качество технического обслуживания и ремонта электрооборудования и свести к минимуму денежные и временные затраты.

Цель и задачи исследования

Цель заключается в повышении эффективности планирования профилактических и ремонтных мероприятий электрооборудования путем использования многокритериальной оценки его технического состояния. Для этого необходимо на основе метода анализа иерархий разработать иерархическую структуру критериев, ранжировать объекты по степени их критичности.

Для решения задачи планирования ТОиР был выбран метод анализа иерархий (МАИ), который включает в себя следующие этапы:

- 1) определение цели;
- 2) декомпозиция исходной многокритериальной проблемы;
- 3) построение иерархии (цель, критерии, альтернативы);
- 4) ранжирование альтернатив [2].

Во время принятия решения учитываются не только фактическое техническое состояние, условия эксплуатации, влияние внешней среды, электромеханические, но

и субъективные (случайные) факторы. Ухудшение технического состояния электрооборудования происходит непрерывно как при работе электрооборудования в нормативных, так и в ненормативных условиях эксплуатации. Это связано с накопительным характером развития дефектов и повреждений в конструктивных элементах и сборочных единицах электрооборудования.

Разработка иерархии критериев для планирования технического обслуживания и ремонта

Для реализации комплексной оценки планирования ТОиР электроэнергетического оборудования необходимо формализовать множество критериев количественного и качественного характера. Чтобы проанализировать проблему принятия решения МАИ, разработана иерархическая структура для группы электродвигателей вакуумной системы бумагоделательной машины, которая представлена на рисунке. Данные локальные (частные) критерии (f) можно описать следующим образом:

- $f_1(x)$ – механические критерии;
- $f_2(x)$ – электрические критерии;
- $f_3(x)$ – химические критерии;
- $f_4(x)$ – тепловые критерии;
- $f_5(x)$ – технические критерии;
- $f_6(x)$ – производственная среда [5].

Далее сформирована матрица парных сравнений, которая представлена в табл. 1,

она показывает отношение критериев друг другу [1]. Чтобы установить относительную важность элементов иерархии, используют девятибальную шкалу предпочтений по Саати: 1/9, 1/8, 1/7, 1/6, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, где 1 – равные по значимости критерии; 3 – слабое преобладание критерия; 5 – существенная значимость; 7 – сильная значимость; 9 – очень сильная (очевидная) значимость критерия.

Промежуточные значения (2, 4, 6, ...) проставляются тогда, когда необходимо выбрать среднее между двумя степенями предпочтения.

При составлении матрицы использовали формулу

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, \quad (1)$$

где a_{ij} – отношение критерия i к критерию j . При сравнении критерия самим с собой, на пересечении строк $a_{ii} = 1$. Согласно матрице парных сравнений необходимо сформировать вектор приоритетов критерия W_a :

$$W_a = \frac{\sqrt[n]{a_{j1} \cdot a_{j2} \cdot \dots \cdot a_{jn}}}{\sum_{j=1}^n \sqrt[n]{a_{j1} \cdot a_{j2} \cdot \dots \cdot a_{jn}}}, \quad (2)$$

где j – порядковый номер критерия; n – количество критериев.



Иерархическая структура критериев оценки технического состояния электродвигателя

Таблица 1

Матрица парных сравнений локальных критериев

Критерии	Критерии						Нормальное значение весового критерия (W_a)
	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	
f_1	1	1/2	1/3	5	1/3	1/2	0,098
f_2	2	1	1/3	5	1/3	1/3	0,115
f_3	3	3	1	3	4	1/2	0,267
f_4	1/5	1/5	1/3	1	1/2	1/5	0,045
f_5	3	3	1/4	2	1	1/3	0,146
f_6	2	3	2	5	3	1	0,326

Далее аналогично провели сравнение критериев второго уровня, используя формулы (1), (2). В общем виде матрица сравнения показателей критериев представлена в табл. 2.

Таблица 2

Матрица сравнений показателей критериев в общем виде

$f_n(x)$	f_{n1}	f_{n2}	...	f_{nj}
f_{n1}	1	a_{12}	...	a_{1j}
f_{n2}	$1/a_{12}$	1	...	a_{2j}
...
f_{nj}	$1/a_{1j}$	$1/a_{2j}$...	1

Ранжирование объектов по степени критичности состояния

Следующим этапом рассчитываем коэффициенты превосходства альтернатив принимаемых решений. В качестве альтернатив рассматривается группа электродвигателей вакуумной системы. Опишем альтернативы (А) следующим образом:

- A_1 – электродвигатель трубопроводки (30 кВт);
- A_2 – электродвигатель ВН-1 (150 кВт);
- A_3 – электродвигатель ВН-2 (250 кВт);
- A_4 – электродвигатель ВН-3 (315 кВт);
- A_5 – электродвигатель ВН-4 (150 кВт);
- A_6 – электродвигатель ВН-5 (110 кВт).

Согласно матрице парных сравнений необходимо сформировать вектор приоритетов альтернатив W_A :

$$W_A = \frac{\sqrt[m]{b_{i1} \cdot b_{i2} \cdot \dots \cdot b_{im}}}{\sum_{i=1}^m \sqrt[m]{b_{i1} \cdot b_{i2} \cdot \dots \cdot b_{im}}}, \quad (3)$$

где m – количество альтернатив; i – порядковый номер альтернативы.

Следующим шагом необходимо построить матрицы альтернатив, которые в большей мере определены локальными критериями. Результативная матрица в общем виде представлена в табл. 3.

Таблица 3

Матрица сравнений альтернатив по показателю критерия

$f_{nj}(x)$	A_1	A_2	...	A_m
A_1	1	b_{12}	...	b_{1j}
A_2	$1/b_{12}$	1	...	b_{2j}
...
A_m	$1/b_{1j}$	$1/b_{2j}$...	1

Следующим шагом необходимо построить матрицы альтернатив, которые в большей мере определены критериями. В общем виде они приведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты расчетов весов альтернатив

Показатели	Альтернативы					
	A_1		A_1		A_1	
f_{11}	b_{11}	f_{11}	b_{11}	f_{11}	b_{11}	f_{11}
f_{in}	b_{i1}	f_{in}		f_{in}	b_{i1}	f_{in}

Следующим этапом необходимо ранжировать альтернативы (электродвигатели), основываясь на значениях глобальных приоритетов. Вычисления предпочтительного весового коэффициента происходят для всех альтернатив согласно следующей формуле:

$$W_p = \sum_{j=1}^n W_a \cdot W_A. \quad (4)$$

Таблица 5

Синтез частных критериев по альтернативам

Альтернатива	Критерии					
	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6
Электродвигатель трубопроводки (30 кВт)	0,198	0,1057	0,1645	0,1938	0,1477	0,0921
Электродвигатель ВН-1 (150 кВт)	0,184	0,1466	0,1865	0,1597	0,1709	0,0842
Электродвигатель ВН-2 (250 кВт)	0,148	0,1573	0,1954	0,1338	0,1709	0,1495
Электродвигатель ВН-3 (315 кВт)	0,128	0,1301	0,1276	0,0742	0,3109	0,1369
Электродвигатель ВН-4 (150 кВт)	0,232	0,2011	0,1419	0,1920	0,1540	0,1385
Электродвигатель ВН-5 (110 кВт)	0,095	0,1466	0,0974	0,0783	0,1188	0,1596
Значимость частных критериев	0,098	0,115	0,267	0,045	0,0146	0,326

Формирование набора предпочтительных весовых коэффициентов превосходства альтернатив принимаемых решений осуществляется на основании информации о значениях весовых коэффициентов частных критериев и весовых коэффициентов альтернатив принимаемых решений относительно каждого из частных критериев.

Рассчитанные предпочтительные весовые коэффициенты занесены в сводную табл. 5 синтеза частных критериев по альтернативам (электродвигателям).

На основании табл. 5 и (4) рассчитаем глобальные приоритеты технического состояния электродвигателей:

$$W_1 = 0,216; \quad W_2 = 0,587; \quad W_3 = 0,296; \\ W_4 = 0,731; \quad W_5 = 0,346; \quad W_6 = 0,632.$$

Выводы

Выполнив расчеты, можно сказать, что предпочтительной альтернативой, которую рекомендуется выбрать, считается W_4 , поскольку у нее максимальное значение приоритета. У данного электродвигателя наилучшее техническое состояние, необходимо произвести ремонтные или обслуживающие мероприятия с целью восстановления его надежности и работоспособности, которые не граничат с предотказным или аварийным состоянием.

Предложенный способ повышения эффективности технического обслуживания и ремонта электрооборудования имеет практический интерес и может быть использован

в промышленных условиях, поскольку позволяет своевременно предупреждать возникновение критических аварийных ситуаций, в том числе в условиях неопределенности.

Список литературы

1. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 144 с.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.
3. Ченцов Н.А. Организация, управление и автоматизация ремонтной службы: Учебник / Под ред. д-ра техн. наук, проф. В.Я. Седуша, Донецкий национальный технический университет. – Донецк: Норд-Пресс-УНИТЕХ, 2007. – 258 с.
4. Юхименко В.Ф., Масленникова С.Г. Техническая эксплуатация силовых агрегатов и трансмиссий. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2004. – 92 с.
5. Ящура А.И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования: Справочник. – М.: Изд-во ИЦ ЭНАС, 2006. – 360 с.

References

1. Kovalev V.V. Metody ocenki investicionnyh projektov. M.: Finansy i statistika, 1998. 144 p.
2. Saati T. Prinjatje reshenij. Metod analiza ierarhij: per. s angl. M.: Radio i svjaz, 1993. 320 p.
3. Chencov N.A. Organizacija, upravlenie i avtomatizacija remonnoj sluzhby: Uchebnik / Pod red. d-ra tehn. nauk, prof. V.Ja. Sedusha, Doneckij nacionalnyj tehnickij universitet. Doneck: Nord-Press-UNITEH, 2007. 258 p.
4. Juhimenko V.F., Maslennikova S.G. Tehniceskaja jekspluatacija silovyh agregatov i transmissij. Vladivostok: Izd-vo VGUEs, 2004. 92 p.
5. Jashhura A.I. Sistema tehnickogo obsluzhivaniya i remonta obshhepromyshlennogo oborudovanija: Spravochnik. M.: Izd-vo NC JeNAS, 2006. 360 p.