УДК 621.313.333

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ИЗ УСЛОВИЯ МИНИМАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА НЕРАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

–––––––

SELECT THE OPTIMAL FREQUENCY OF THE MAINTENANCE AND REPAIR OF THE MINIMUM COEFFICIENT AN UNHEALTHY STATE ELECTRICAL EQUIPMENT

Кириллов Геннадий Алексеевич
кандидат технических наук, доцент кафедры авиационного и радиоэлектронного оборудования,
Краснодарское высшее военное авиационное училище
kirillov.g.a@yandex.ru

Кашин Яков Михайлович
кандидат технических наук, доцент, преподаватель кафедры авиационного и радиоэлектронного оборудования,
Краснодарское высшее военное авиационное училище
jlms@mail.ru

Гайдамашко Александр Иванович
преподаватель кафедры физики и электротехники,
Краснодарское высшее военное авиационное училище

Аннотация. В настоящей статье рассматриваются вопросы организации проведения технического обслуживания и ремонта электрооборудования систем электроснабжения, в частности актуальные вопросы выбора периодичности технического обслуживания из условия минимального коэффициента неработоспособного состояния электрооборудования, т.е. неисправного или находящегося в режиме проведения технического обслуживания или ремонта с учетом статистики отказов и восстановления.

Ключевые слова: периодичность, коэффициент, неработоспособность, отказ, интенсивность, математическое ожидание.

Kirillov Gennady Alekseevich
Candidate of technical sciences,
Associate professor, department ofaviation and radio-electronic equipment,
Krasnodar higher military aviation college of pilots
kirillov.g.a@yandex.ru

Kashin Yakov Mikhaulovich
Candidate of technical sciences,
Associate professor, department ofaviation and radio-electronic equipment,
Krasnodar higher military aviation college of pilots
jlms@mail.ru

Gaidamashko Alexander Ivanovich
Lecturer, department ofphysics and electrical engineering,
Krasnodar higher military aviation college of pilots

Annotation. This article discusses the Organization of the maintenance and repair of electrical power supply systems, in particular the urgent questions of choice of maintenance periodicity conditions minimum coefficient of an unhealthy state of the electrical installation, i.e.faulty or the maintenance or repairs, taking into account the statistics bounce and recovery.

Keywords: frequency, factor, unhealthy denial, intensity, mathematical expectation.

Техническое обслуживание и ремонт (ТО и Р) электрооборудования это комплекс операций по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования [1], включающее в себя:

– контроль технического состояния;
– устранение неисправностей и отказов;
– контрольно-регулировочные работы и испытания;
– прогнозирование отказов путем получения информации о техническом состоянии электрооборудования методами технической диагностики и определения времени перехода в неисправное или неработоспособное состояние [2].

Основными показателями системы ТО и Р являются [1–3]:

– периодичность;
– продолжительность;
– объем работ.

Под периодичностью понимается интервал времени между двумя последовательно проводимыми идентичными видами ТО и Р и последующим таким же видом или другим, большей сложности. Периодичность может измеряться календарными отрезками времени (год, месяц, дни) либо единицами наработки (циклы, часы) [1].

Важным вопросом проведения технического обслуживания и ремонта является определение периодичности ТО и Р.Сущность методов определения периодичности работ, основанных на использовании данных об эксплуатационной надежности электрооборудования в целом, заключается в выборе интервала времени, в течение которого параметр, характеризующий реальное техническое состояние электрооборудования, достигнет предельного значения.

Возможны несколько вариантов определения периодичности ТО и Р:

– из условий максимальной вероятности обнаружения неисправности;
– из условий минимального коэффициента неработоспособного состояния электрооборудования;
– из условий минимальной стоимости работ;
– из условий нахождения электрооборудования в дежурном режиме или на хранении.

В данной работе рассмотрим определение периодичности ТО и Р из условий минимального коэффициента неработоспособного состояния электрооборудования.

Электрооборудование систем электроснабжения может часть времени находиться в работоспособном состоянии, а другую часть времени – в неработоспособном состоянии: неисправно или в режиме проведения ТО и Р.

Доля времени простоя электрооборудования в период между ТО может быть оценена коэффициентом неработоспособности:

$$K_н(t_{pi}) = \frac{\sum_{j=1}^{n} t_{bij} + t_{ni}}{t_{pi} + t_{ni}}, \qquad (1)$$

где t_{bij} – время, затрачиваемое на устранение *j*-й неисправности (отказа) в *i*-м периоде между ТО; n – количество выявленных и устраненных неисправностей (отказов) в течение *i*-го периода между ТО; t_{ni} – продолжительность *i* – ТО и Р; t_{pi} – величина *i*-го периода между ТО.

Из формулы (1) следует, что коэффициент неработоспособности представляет собой отношение суммарного времени устранения неисправностей (отказов) за *i*-й период между ТО к общему времени проведения *i*-го ТО и *i*-го периода между ТО.

Максимальной готовностью обладает то электрооборудование, которое имеет $K_н = min$.

Уменьшение $K_н$ возможно за счет увеличения периода между ТО и за счет сокращения времени на ТО и Р.

Время, отводимое на ТО и Р, зависит:

- от объема ТО и Р;
- от количества персонала и его квалификации;
- от состава технических средств.

Объем и порядок выполнения ТО и Р планируется заранее и отводимое время на его выполнение является величиной постоянной для всех последующих ТО и Р: $t_п = T_{рег}$.

Величина же периода между ТО t_{pi} может меняться. При уменьшении t_{pi} будет сокращаться и время на устранение неисправностей (отказов), а при увеличении – увеличиваться, поэтому нельзя однозначно определить $K_н(t_{pi})$. Следует найти оптимальную величину t_{pi}, соответствующую $K_н = min.$

Решая уравнение (1) и допуская, что:

1. Количество отказов в единицу времени прямо пропорционально времени эксплуатации *t*, т.е.

$$\overline{\lambda}_п(t) = q \cdot t, \qquad (2)$$

где $\overline{\lambda}_п$ – среднее число постепенных отказов в единицу времени; q – коэффициент пропорциональности.

2. Количество внезапных отказов в единицу времени – величина постоянная

$$\lambda_в(t) = p. \qquad (3)$$

3. Суммарное время восстановления электрооборудования за один период между ТО является случайной величиной и равной ее математическому ожиданию

$$M(t) = T_в \int_0^{\tau_i} \overline{\lambda}(t)dt, \qquad (4)$$

где $T_в$ – среднее время восстановления неисправности при одном отказе, причем

$$\overline{\lambda}(t) = \overline{\lambda}_п(t) + \lambda_в(t) \qquad (5)$$

является суммарным числом постепенных и внезапных отказов в единицу времени.

4. Все периоды между ТО принимаем равными, независимо от времени эксплуатации. Это означает, что в процессе проведения ТО и Р электрооборудование восстанавливается до уровня нового.

С учетомсделанных допущений, а также из (2) и (4) следует, что математическое ожидание времени устранения неисправности электрооборудования будет равно,

$$M(t_P) = T_в \int_0^{t_p} (p+qt)\,dt. \tag{6}$$

Подставляя значение $M(t_P)$ в формулу (1), получим выражение для коэффициента $K(t_P)$:

$$K_H(t_p) = \frac{T_в \int_0^{t_p} (p+qt)dt + T_{рег}}{t_p + T_{рег}}. \tag{7}$$

Продифференцировав выражение (7) по t_p, получим

$$K_H^{'}(t_p) = \frac{T_в (p+qt_p)(t_p + T_{рег}) - \int_0^{t_p} (p+qt)dt + T_{рег}}{(t_p + T_{рег})^2}. \tag{8}$$

Приравняв производную $K_H(t_p)$ и решая полученное уравнение относительно t_p, находим оптимальное значение периода между ТО из условия минимального значения коэффициента неработоспособного состояния.

Таким образом, исходя из вышесказанного, находим оптимальное время периода между ТОиз условия минимального значения коэффициента неработоспособности

$$t_{p,опт} = T_{рег}\left[\sqrt{1 + 2\left(\frac{1 - pt_в}{qT_в T_{рег}}\right)} - 1\right]. \tag{9}$$

Следовательно, величина периода между ТО определяется временем проведения работ $T_{рег}$, средним временем восстановления работоспособности при одном отказе $T_в$, интенсивностью внезапных отказов p и коэффициентом постепенных отказов q.

На практике для приближенного расчета величины периода между ТО пользуются упрощенной формулой

$$t_{p,опт} = \sqrt{\frac{2T_{рег}}{qT_в}}. \tag{10}$$

Литература:

1. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения : ГОСТ 18322-78. – М. : Издательство стандартов, 1991.
2. Кириллов Г.А., Варенов А.Б., Кашин Я.М., Ракло А.В., Руденко В.Г. Эксплуатация электрооборудования. Теория и практика : монография / под общей редакцией Г.А. Кириллова; филиал ВУНЦ ВВС Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ФГБОУ ВПО Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар : Парабеллум, 2013. – 369 с.
3. Кириллов Г.А., Кашин Я.М. Эксплуатация электрооборудования : Ч. 1 Основы теории эксплуатации, технического обслуживания и ремонта электрооборудования : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»; КубГТУ. – Краснодар : изд. ФГБОУ ВПО «КубГТУ» , 2015. –124 с.

References:

1. System of maintenance and repair of equipment. Terms and definitions: GOST 18322-78. – M. : Standards Publishing House, 1991.
2. Kirillov G.A., Varenov A.B., Kashin Ya.M., Raklo A.V., Rudenko V.G. Operation of electric equipment. Theory and practice : the monograph / under the general edition of G.A. Kirillov; VUNTs Air Force branch Military and air academy of the prof. of N.E. of Zhukovsky and Yu.A. Gagarin, FGBOU VPO Kubansky state technological university. – Krasnodar : Parabellum, 2013. – 369 p.
3. Kirillov G.A., Kashin Ya.M. Operation of electric equipment : P.1 Bases of the theory of operation, maintenance and repair of electric equipment : the manual for the students studying in the specialty 13.04.02 «Power industry and electrical equipment»; KubGTU. – Krasnodar : prod. FGBOU VPO of «KubGTU», 2015. – 124 p.