

УДК 621.315.21

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Кандидати техн. наук О.І. Акімов, Д.Л. Сушко, ст. викл. В.В Панченко, магістрант Д.А. Стояновський

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Кандидаты техн. наук А.И. Акимов, Д.Л. Сушко, ст. преп. В.В Панченко, магистрант Д.А. Стояновский

THE CHOISE OF EFFICIENT STRATEGY FOR ELECTRICAL EQUIPMENT MAINTENANCE

Cand. of techn. sciences O.I. Akimov, D.L. Sushko, senior lecturer V.V. Panchenko, postgraduate D.A. Stojanovskiy

Розглянута методика оцінки ступеня доцільності застосування тієї чи іншої стратегії обслуговування і ремонту електрообладнання. Всі систематизовані профілактичні заходи зведені до трьох стратегій технічного обслуговування. На підставі розгляду можливостей застосування цих стратегій сформована запропонована методика.

Ключові слова: стратегія обслуговування, додаткові витрати, ресурс роботи, працездатність елементів, необхідні і достатні умови, доцільність.

Рассмотрена методика оценки степени целесообразности применения той или иной стратегии обслуживания и ремонта электрооборудования. Все систематизированные профилактические мероприятия сведены к трем стратегиям технического обслуживания. На основе рассмотрения возможностей применения этих стратегий и сформирована предлагаемая методика.

Ключевые слова: стратегия обслуживания, дополнительные затраты, ресурс работы, работоспособность элементов, необходимые и достаточные условия, целесообразность.

The support of electrical equipment of the systems power supply in the permanent readiness to application needs conducting prophylactic measures. In case of development planned-preventive measures on service and repair of electrical equipment it has to decide a task of choice of optimum strategy of their technical service. For the decision of this task all prophylactic measures are taken to the three strategies of technical service. A development of methods of evaluation of degree of expedience of application of that or else strategy of service and repair of electrical equipment is actual question.

All three strategies are considered in articles after the identical criteria, their comparison is conducted and scopes of their application are definite. Scopes of expedience of use of indicated strategies are definite through cost of replacements of elements, that be executed in order of repairs, middle duration of use of element, and subsequent in pairs comparison of these strategies. Necessary and sufficient conditions of application of that or else strategy of technical service are definite. On the basis of considered possibilities of application of these strategies and an offered method is formed.

The offered method will allow scientifically to ground planning prophylactic measures on renewal of capacity of electrical equipment.

Key words: service policy, additional expenditure, workability, elements efficiency, necessary and sufficient conditions, expediency.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Підтримання електрообладнання систем електропостачання в постійній готовності до застосування досягається систематизованими профілактичними заходами, основу яких складає проведення стандартних, післяоглядових, періодичних та позапланових (аварійних) ремонтів обладнання [1].

При розробці планово-попереджувальних заходів з обслуговування і ремонту електроагрегатів доводиться вирішувати задачу вибору раціональної стратегії технічного обслуговування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останній час в періодичній вітчизняній і закордонній літературі приділяється багато уваги розробці методик оцінювання ступеня доцільності застосування тієї чи іншої стратегії обслуговування і ремонту електрообладнання різних систем електропостачання [2-10]. Цей інтерес зрозумілий, т.к. різні стратегії по-різному і коштують. Але вибір такої стратегії, яка з точки зору вимог, що пред'являються до надійності електроагрегатів, і врахування умов їх експлуатації була би найбільш оптимальною, залишився за межами розгляду.

Визначення мети та задачі дослідження. Метою статті є розгляд задачі вибору раціональної стратегії технічного обслуговування.

Основна частина дослідження. При розробці планово-попереджувальних заходів з обслуговування і ремонту електроагрегатів в першу чергу доводиться вирішувати задачу вибору раціональної стратегії технічного обслуговування, тобто такої стратегії, яка з

точки зору вимог, пред'являємих до надійності агрегатів, та врахування умов їх експлуатації була б найбільш оптимальною.

Розглянемо можливості застосування таких стратегій технічного обслуговування.

1. За результатами відмов елементів проводяться тільки позапланові ремонти (стратегія 1).
2. При попереджувальному ремонті через певні інтервали часу t_{Π} проводиться заміна елементів агрегату незалежно від технічного стану (стратегія стандартних ремонтів або стратегія 2).
3. При попереджувальному ремонті через певні інтервали часу t_{Π} проводиться огляд агрегату та заміна лише непридатних до подальшої експлуатації елементів (стратегія післяоглядових ремонтів або стратегія 3).

Очевидно, що проведення позапланованих ремонтів завжди вигідно в тому випадку, коли експлуатація агрегату не приводить до додаткових витрат із-за раптовості відмови, тоді як ресурс працездатності елементів агрегату використовується повністю. При наявності деяких таких витрат віддають перевагу стратегії стандартних ремонтів. В той же час стратегія післяоглядових ремонтів дозволяє повністю використовувати технічний ресурс працездатності агрегату.

Визначимо границі доцільності використання вказаних вище стратегій. Позначимо через C_a і C_{Π} вартості замін елементів, що виконані відповідно в порядку позапланового (аварійного) та планово-попереджувального ремонтів.

При виборі стратегій 1, 2, 3 середня вартість ремонту відповідно дорівнює:

$$C_1 = \frac{C_a}{m_t}; \quad (1)$$

$$C_2 = \frac{C_{\Pi} + C_a \cdot H(t_{\Pi})}{t_{\Pi}}; \quad (2)$$

$$C_3 = \frac{C_a - (C_a - C_{\Pi}) \cdot P_3}{\int_0^{t_{\Pi}} [1 - F(t)] dt}, \quad (3)$$

де m_t – середній час безвідмовної роботи елемента;
 $H(t_{\Pi})$ – значення функції відновлення у проміжку $[0, t_{\Pi}]$;
 P_3 – імовірність заміни елемента після його огляду.

Середня тривалість використання елемента при технічному обслуговуванні його за стратегією 3 буде дорівнювати:

$$m'_t = \int_0^{t_{\Pi}} [1 - F(t)] dt. \quad (4)$$

Порівняємо попарно стратегії 1, 2, 3.

При порівнянні стратегій 1 і 2 значення функції відновлення за умови $t > \frac{m_t^3}{\sigma_t^2}$

запишемо [2] в такому виді:

$$H(t) = \frac{t}{m_t} + \frac{\sigma_t^2 - m_t^2}{2m_t^2}, \quad (5)$$

де σ_t – середньоквадратичне відхилення величини t .
 Використавши вирази (2) і (5) маємо:

$$C_2 = C_1 + \frac{1}{t_{\Pi}} \left[C_{\Pi} + \frac{C_a}{2} \left(\frac{\sigma_t^2}{m_t^2} - 1 \right) \right], \quad (6)$$

а за умови, що $C_2 < C_1$, отримаємо вираз:

$$C_{\Pi} + \frac{C_a}{2} \left(\frac{\sigma_t^2}{m_t^2} - 1 \right) < 0,$$

або

$$\frac{C_{\Pi}}{C_a} < \frac{1 - \vartheta^2}{2}, \quad (7)$$

де $\vartheta = \frac{\sigma_t}{m_t}$ – коефіцієнт варіації.

Оскільки $0 < \frac{C_{\Pi}}{C_a} \leq \frac{1}{2}$, то з виразу (7) виходить $0 < \vartheta < 1$.

Щоб стратегія 2 була кращою стратегії 1, необхідно і достатньо виконання таких умов:

$$0 < \frac{C_{\Pi}}{C_a} < \frac{1}{2}; \quad (8)$$

$$0 < \vartheta < 1.$$

Слід зазначити, що при будь-якому значенні ϑ та при $\frac{C_{\Pi}}{C_a} > \frac{1}{2}$ кращою є стратегія 1.
 При порівнянні стратегій 1 і 3, взявши відношення виразів (3) до (1), отримаємо:

$$\frac{C_3}{C_1} = \frac{m_t}{m'_t} (1 - P_3 + \frac{C_{\Pi}}{C_a} \cdot P_3). \quad (9)$$

У випадку, якщо $C_3 < C_1$, з виразу (9) отримаємо необхідні і достатні умови вигідності використання стратегії 3:

$$\frac{C_{\Pi}}{C_a} < [\frac{1}{P_3} (\frac{m'_t}{m_t} - 1) + 1]. \quad (10)$$

Для порівняння стратегій 2 і 3 вираз (3) запишемо в такому виді:

$$C_3 = \frac{C_a}{m'_t} (1 - P_3) + \frac{C_{\Pi}}{m'_t} \cdot P_3. \quad (11)$$

Виявляється, стратегія 3 буде кращою ніж стратегія 2 у тому випадку, якщо $C_3 < C_2$. Тоді, порівнюючи вирази (6) і (11), отримаємо необхідні і достатні умови доцільності застосування стратегії 3:

$$\frac{C_{\Pi}}{C_a} < \frac{\frac{\vartheta^2 - 1}{2t_{\Pi}} + \frac{P_3 - 1}{m'_t} + \frac{1}{m_t}}{\frac{P_3 - 1}{m'_t} - \frac{1}{t_{\Pi}}}. \quad (12)$$

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Запропонована методика визначення необхідних та достатніх умов доцільності застосування цієї чи іншої стратегії технічного обслуговування дозволить науково обґрунтовано планувати профілактичні заходи по відновленню працездатності електроагрегатів.

Список використаних джерел

1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Текст]: утв. приказом Министерства топлива и энергетики от 25 июля 2006г. №258 (в редакции приказа Министерства энергетики и угольной промышленности от 13 февраля 2012г. №91). – Харьков: Изд-во « Форт », 2012. – 404 с.
2. Кокс, Д. Р. Теория восстановления [Текст]: монография/ Д.Р. Кокс, В. Л. Смит.–М.: Сов. радио, 1967. – 299 с.
3. Вайда Д., Исследования поврежденных изоляции [Текст]/ Д. Вайда; пер. с венг. Т. З. Партоша; под. ред. Д. В. Разевига. – М. : Энергия, 1968. – 400с.
4. Городецкий, С. С. Испытания кабелей и проводов [Текст]: учеб. пособие для техникумов/ С.С. Городецкий, Р. М. Лакерник. – М.: Энергия, 1971. –272 с.
5. Канискин, В. А.. Оценка технического состояния кабелей и кабельных сетей [Текст]: монография/ В. А. Канискин, А. А. Пугачев, А. И. Таджикибаев. –С.Пб. : ПЭИПК, 2007. – 173с.
6. Герцбах, И. Б. Модели профилактики. Теоретические основы планирования профилактических работ [Текст]: монография/ И.Б. Герцбах. – М.: Сов.радио, 1969. – 214с.
7. Акімов, О. І. Можливість прогнозу відмов кабельних ліній електропередачі [Текст] / О.І. Акімов, Ю.О. Акімова// Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 143. – С. 184 – 188.

Автоматизовані системи електричного транспорту

8. Nazarychev, A. Maintenance and repair electric equipment at power stations and substations taking into account the technical condition [Text] / A.Nazarychev // Power and Electrical Engineering / Scientific Proceedings of Riga Technical University. - Riga, Latvia, 2002. - Vol. 5. - P. 40 - 45.
 9. Blazer, G. Evaluation of failure data of hv circuit-breakers for condition based maintenance [Text] / G. Blazer, D.Drescher, F.Heil, P.Kirchesch, R.Meister, C.Neumann // CIGRE. – 2004. - Report A3-305.
 10. Nigris, M., Application of modern techniques for the condition assessment of power transformers [Text] / M. de Nigris, R. Passaglia, R. Berti, L. Bergonzi, R. Maggi.// CIGRE. – 2004. - Report A2-209.
-

Акімов Олександр Іванович, канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизованих систем електричного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. Тел. 730-10-75.

Сушко Дмитро Леонідович, канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизованих систем електричного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-75.

Панченко Владислав Вадимович, ст. викл. кафедри автоматизованих систем електричного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-75.

Стояновський Дмитро Арнольдівич, магістрант кафедри автоматизованих систем електричного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-75.

Акимов Александр Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизированных систем электрического транспорта Украинской государственной академии железнодорожного транспорта. Тел. 730-10-75.

Сушко Дмитрий Леонидович, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизированных систем электрического транспорта Украинской государственной академии железнодорожного транспорта. Тел.: (057) 730-10-75.

Панченко Владислав Вадимович, ст. препод. кафедры автоматизированных систем электрического транспорта Украинской государственной академии железнодорожного транспорта. Тел.: (057) 730-10-75.

Стояновский Дмитрий Арнольдвич, магистрант кафедры автоматизированных систем электрического транспорта Украинской государственной академии железнодорожного транспорта. Тел.: (057) 730-10-75.

Akimov Alexander Ivanovich, cand. of techn. sciences, Associated Professor department of the automated systems of electric transport of the Ukrainian state academy of railway transport. Tel.: (057) 730-10-75.

Sushko Dmitriy Leonidovich, cand. of techn. sciences, Associated Professor department of the automated systems of electric transport of the Ukrainian state academy of railway transport. Tel.: (057) 730-10-75.

Panchenko Vladislav Vadimovich, sen. lectures department of the automated systems of electric transport of the Ukrainian state academy of railway transport. Tel.: (057) 730-10-75.

Stojanovskiy Dmitriy Arnoldovich, mahystrant department of the automated systems of electric transport of the Ukrainian state academy of railway transport. Tel.: (057) 730-10-75.

Стаття постуила 21.04.2015