

УДК 621.33: 622.692.4

## АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА ГАРАНТИРОВАННОГО СРОКА СЛУЖБЫ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ НПС

### ANALYSIS METHOD OF CALCULATING THE GUARANTEED SERVICE LIFE OF POWER EQUIPMENT OIL PUMPING STATIONS

**Шабанов Виталий Алексеевич**

кандидат технических наук, профессор,  
заведующий кафедры «Электротехника  
и электрооборудование предприятий»,  
Уфимский государственный  
нефтяной технический университет  
ShabanovVA1@yandex.ru

**Юсупов Рамис Зирякович**

аспирант,  
Уфимский государственный нефтяной  
технический университет  
YusupovRZ@bk.ru

**Валишин Азат Рифович**

директор,  
ООО НПЦ «БалтЭнергоРесурс»  
bernpc@yandex.ru

**Клименко Станислав Евгеньевич**

начальник отдела энергетического аудита,  
ООО НПЦ «УралЭнергоРесурс»  
uernpc@rambler.ru

**Кондрацкий Вадим Дмитриевич**

ведущий инженер,  
ООО НПЦ «УралЭнергоРесурс»  
uernpc@rambler.ru

**Колобов Андрей Николаевич**

директор,  
ООО «КАН»  
kan-ufa@mail.ru

**Аннотация.** В статье выполнен анализ методик расчета гарантированного срока службы энергооборудования нефтеперекачивающих станций. Рассмотрены проблемы применения методик.

**Ключевые слова:** нефтеперекачивающая станция, энергетическое оборудование, прогнозирование ресурса, безотказная эксплуатация, методики расчета.

**Shabanov Vitaly Alekseevich**

Candidate of Technical Sciences,  
professor,  
Head of the Chair «Electrical Engineering  
and Electrical Equipment»,  
Ufa state oil technical university  
ShabanovVA1@yandex.ru

**Yusupov Ramys Ziryacovich**

graduate student,  
Ufa state oil technical university  
YusupovRZ@bk.ru

**Valishin Azat Rifovich**

Director  
LLC SPC «BaltEnergoResurs»  
bernpc@yandex.ru

**Klimenko Stanislav Evgenyevich**

Head of the energy audit  
LLC SPC «UralEnergoResurs»  
uernpc@rambler.ru

**Kondratsky Vadim Dmitriyevich**

Lead engineer  
LLC SPC «UralEnergoResurs»  
uernpc@rambler.ru

**Kolobov Andrey Nikolaevich**

Director  
LLC «KAN»  
kan-ufa@mail.ru

**Annotation.** This article gives an analysis of the methods of calculation of the guaranteed service life of power equipment oil pumping stations. The problems of application techniques.

**Keywords:** oil pumping station, power equipment, life prediction, trouble-free exploitation, calculation methods.

Задача прогнозирования ресурса безотказной работы с определением срока следующего диагностирования энергооборудования является актуальной задачей. Основная цель ее – переход от системы планово-предупредительного ремонта (ППР) к ремонту по техническому состоянию [1]. Прогнозирование ресурса безотказной работы и определение срока следующего диагностирования оборудования должны производиться с учетом всех параметров его технического состояния, определяющих его техническую работоспособ-

ность. Однако такие методики находятся пока в стадии разработки. На практике применяются инженерные методики, учитывающие основные показатели технического состояния. Инженерные методики для выполнения расчетов и определения гарантированного срока службы энергооборудования нефтеперекачивающих станция (НПС) и срока следующего диагностирования приведены в РД-75.200.00-КТН-079-12 [2].

В соответствии с [2], определение гарантированного срока службы для продления безопасной работы энергооборудования НПС магистральных нефтепроводов (МН) следует проводить с учетом нескольких показателей: нормированного (гарантированного) заводом-изготовителем срока службы, путем сравнения его с фактическим сроком работы оборудования под нагрузкой; учета фактической загрузки энергооборудования по мощности, учета числа операций включения-отключения (пусков). Рассмотрим методики, приведенные в [2].

### 1. Методика определения гарантированного срока службы энергоустановок (Метод «слабого звена»)

Метод слабого звена применяют для сложных энергоустановок, состоящих из большого числа конструктивных элементов [3]. В этом случае. Остаточный ресурс энергоустановки определяют по показателям надежности наименее надежного звена. К примеру, для синхронных электродвигателей наиболее слабым звеном является щеточный механизм [1]. По [2] время продления работы энергоустановки до следующего диагностического контроля с учетом наработки до отказа слабого звена  $t_T$ , ч, определяют по формуле:

$$t_T = 0,9 \cdot \bar{T}_{\text{сл.зв.}} \cdot K_{\text{ф.п.}} \cdot a, \quad (1)$$

где 0,9 – коэффициент, учитывающий предупредительный характер восстановительных работ (получен, исходя из максимального использования ресурса узлов и деталей);  $\bar{T}_{\text{сл.зв.}}$  – средняя наработка до отказа слабого звена энергоустановки, ч;  $K_{\text{ф.п.}}$  – коэффициент, учитывающий фактическое количество пусков (для электродвигателей);  $a$  – коэффициент наработки.

Коэффициент  $K_{\text{ф.п.}}$  рекомендуется принимать равным единице ( $K_{\text{ф.п.}} = 1$ ), если суммарное число пусков  $\Pi$  на продляемый период не превышает 20 за 1000 ч работы электродвигателя. Коэффициент  $K_{\text{ф.п.}}$  может быть уточнен при анализе влияния числа пусков на показатели надежности электродвигателя.

Коэффициент наработки принимается в зависимости от суммарной наработки ЭД. Если отработанный ресурс электрической машины (или срок службы)  $t_{\text{от}}$  меньше или равен паспортному  $t_{\text{п}}$ , т.е.  $t_{\text{от}} \leq t_{\text{п}}$ , то коэффициент наработки рекомендуется принимать равным единице ( $a = 1$ ). Если  $t_{\text{от}} \geq t_{\text{п}}$ , то коэффициент наработки определяется по выражению  $a = t_{\text{п}} / t_{\text{от}}$ .

Существуют следующие проблемы применения данной методики:

1) Проблема определения средней наработки до отказа слабого звена энергоустановки.

Для корректного учета  $\bar{T}_{\text{сл.зв.}}$  необходимо наличие сведений о времени наработки до отказа как энергоустановок в целом, изготовленных с одними ТУ и эксплуатируемых в одинаковых условиях, так и отдельных узлов энергоустановки с целью определения слабого звена. Для получения таких сведений требуется проведение статистических исследований и сведение результатов в базу данных.

В организациях системы Транснефть (ОСТ), база данных по отказам велась не с начала эксплуатации диагностируемого электрооборудования (срок эксплуатации которого вышел). В редких случаях имеется возможность собрать информацию по отказам электрооборудования, эксплуатируемого с 1980-х годов. Поэтому наработку на отказ рассчитать не удастся.

В связи с отсутствием этих данных, при расчете срока службы, безотказная наработка принимается из паспорта оборудования.

2) Для электродвигателей отсутствует формула для определения коэффициента  $K_{ф.п.}$  при относительном числе пусков более 20. Такую формулу можно получить, если оценить каждый пуск ЭД в часах наработки.

3) Метод «слабого звена» применим для расчета срока службы только электродвигателей.

4) Для службы эксплуатации усложняется планирование даты следующего диагностирования, так как для этого необходимо учитывать часы наработки после диагностирования, а не опираться на конкретную дату.

### **Пример.**

#### *Исходные данные:*

Тип ЭД: STD-8000-2

Наработка 70 000 ч.

Количество пусков 18 за 1000 ч (не превышает 20).

Безотказная наработка – 6000 ч. (по паспорту ЭД ИБЖК.52.8562.005 ПС).

Срок службы – не менее 20 лет = 175 200 ч. (по паспорту ЭД).

#### *Расчет:*

По формуле (1) время продления работы энергоустановки до следующего диагностического контроля будет равно:

$$t_T = 0,9 \cdot 6000 \cdot 1 \cdot 1 = 5400 \text{ ч.}$$

## **2. Статистическое прогнозирование при продлении срока эксплуатации энергоустановок по результатам диагностирования**

Согласно данной методике прогнозируемый срок продления работы энергоустановки соответствует времени, после которого показатели надежности резко ухудшаются, т.е. происходит резкий рост производной потока отказов во времени.

Согласно ГОСТ 27.002-89 [4]: область применения этой теории ограничена крупносерийными объектами, которые изготавливают и эксплуатируют в статистически однородных условиях и, к совокупности которых применимо статистическое истолкование вероятности. Примером служат массовые изделия машиностроения, электротехнической и радиоэлектронной промышленности.

Так как в ОСТ энергоустановки отдельных типов не представлены в крупносерийном количестве, то определение зависимости потока отказов от времени не представляется возможным в связи с недостаточностью исходных данных. Поэтому данная методика для ОСТ не применима.

## **3. Определение ресурса и продление срока эксплуатации по числу включений (отключений) энергоустановок**

Данный метод предназначен для продления срока службы высоковольтных выключателей по результатам диагностирования. Продление срока службы осуществляется двумя способами:

1) по кривым зависимости допустимого количества отключений (включений) от тока;

2) путем регистрации токов короткого замыкания (КЗ) при каждой операции отключения (включения).

Кривые зависимости допустимого количества отключений (включений) от тока строятся на основании данных заводов-изготовителей, приводимых в эксплуатационной документации. Для определения возможности продления срока эксплуатации по представленным кривым сравнивают нормативное количество отключений с зарегистрированным в базе данных (по счетчику отключений (включений) высоковольтного выключателя) и продляют срок до следующего диагностирования после ремонта или замены дугогасительных камер на оставшееся число коммутаций.

Определение ресурса коммутационных аппаратов проводится на основе базы данных по результатам регистрации токов КЗ при каждой операции отключения (включения) специальными регистрирующими приборами.

Существуют следующие проблемы применения данной методики:

1) Проблема отсутствия исходных данных: количество отключений КЗ и ток КЗ при аварии. База данных по отключениям КЗ высоковольтных выключателей ведется не с начала эксплуатации диагностируемого электрооборудования (срок эксплуатации которого вышел). В редких случаях имеется возможность собрать информацию по отключениям электрооборудования, эксплуатируемого с 1980-х годов.

2) Для применения данной методики, необходимо наличие специальных регистрирующих приборов, позволяющих учитывать токи КЗ. Также необходимо с начала эксплуатации выключателя вести базу данных, в которую будут вноситься: количество, вид КЗ и токи при них.

Целесообразно применять данную методику для продления срока службы высоковольтных выключателей напряжением 35 кВ и выше.

#### **4. Метод частичных разрядов**

Метод частичных разрядов (ЧР) применяют для электрооборудования напряжением выше 1000 В (электродвигатели магистральных насосов, силовые трансформаторы, кабельные линии и др.).

Согласно [2] требуется мониторинг уровня ЧР в динамике (один раз в квартал в течение двух-трех лет). Однако данное требование не соблюдается. Наиболее эффективным, является применение данного метода с использованием систем непрерывного мониторинга уровня ЧР.

Таким образом, в РД-75.200.00-КТН-079-12 приведены методики определения срока следующего диагностирования только для ЭД и высоковольтных выключателей. Отсутствуют методики продления сроков службы следующего оборудования:

- силовые трансформаторы до 110 кВ;
- воздушные и кабельные линии;
- системы молниезащиты;
- комплектные распределительные устройства 0,4 кВ, 6(10) кВ, 110 кВ; и т.п.

#### **Заключение**

Для повышения надежности работы энергетического оборудования НПС важной задачей является определение срока безотказной эксплуатации. Для решения данной задачи необходимо:

- разработка (доработка) методик расчета срока безотказной эксплуатации;
- ведение ОСТ баз данных о работе оборудования;
- применение современных методов контроля состояния изоляции высоковольтного оборудования, в том числе систем непрерывного мониторинга ЧР.

#### **Литература:**

1. Гумеров А.Г. Диагностика оборудования нефтеперекачивающих станций / А.Г. Гумеров, Р.С. Гумеров, А.М. Акбердин. – М. : Недра-Бизнесцентр, 2003.
2. РД-75.200.00-КТН-079-12 «Положение о диагностировании, порядке технического освидетельствования и продлении срока службы энергоустановок нефтеперекачивающих станций магистральных нефтепроводов».
3. Кузнецов Н.А. Надежность электрических машин / Н.А. Кузнецов. – М. : Издательский дом МЭИ, 2006. – 432 с.
4. ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.

#### **References:**

1. Gumerov A.G. Diagnostics of the equipment of oil pumping stations / A.G. Gumerov, R.S. Gumerov, A.M. Akberdin. – M. : Nedra-biznescentr, 2003.
2. RD-75.200.00-КТН-079-12 «Regulations on the diagnosing, the procedure of technical examination and extend the life of power plants oil-pumping stations of main oil pipelines».
3. Kuznetsov N.A. The reliability of electrical machines / N.A. Kuznetsov. – M. : MEI publishing house, 2006. – 432 p.
4. GOST 27.002-89 Reliability in the art. Basic concepts. Terms and Definitions.