

Таким образом, в статье получены формулы для притока жидкости к  $n$  числу скважин в пласте с удаленным контуром питания с учетом влияния начальных градиентов давлений.

#### Литература:

1. Басниев К. С. Нефтегазовая гидромеханика /К. С. Басниев, Н. М. Дмитриев, Г. Д. Розенберг.— Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005.
2. И. Р. Гасанов, М. А. Джамалбеков. Плоскорадиальный поток несжимаемой жидкости в слоисто-неоднородном пласте с различными начальными градиентами давления. Научно-методический журнал «Вестник науки и образования» № 22 (76), 2019 Ноябрь, с. 97–99
3. И. Р. Гасанов, М. А. Джамалбеков. Плоскорадиальный поток несжимаемой жидкости в зонально-неоднородном пласте с учетом влияния начального градиента давления. Научно-теоретический журнал «Наука, образование и культура» № 9 (43), 2019 Ноябрь, с. 53–55
4. И. Р. Гасанов, М. А. Джамалбеков. Плоскорадиальное вытеснение нефти водой с учетом влияния начального градиента давления. Научный журнал «Наука, образование и культура» № 10 (44), 2019 Декабрь, с. 11–15.
5. И. Р. Гасанов, М. А. Джамалбеков. Обобщенная методика интерпретации данных гидрогазодинамических исследований при нелинейных законах фильтрации с учётом влияния начального градиента. Научно методический журнал «Вестник науки и образования» 2020. No 3 (81). Часть 1. с. 97–102.

## Проведение оценки состояния силового трансформатора по результатам технического диагностирования

Кошекбай Максат Каскырбайулы, студент магистратуры  
Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина (г. Нур-Султан)

*Было исследовано проведение оценки путем технического диагностирования. Сравнен жизненный цикл оборудования до проведения технической диагностики и после. На основе статистических данных проведен анализ влияния методов технического диагностирования на состояние оборудования. В качестве примера рассматривается силовой трансформатор.*

**Ключевые слова:** силовой трансформатор, техническое диагностирование, оценка.

Выход из строя трансформаторов влечет за собой огромные экономические затраты, а также масштабы проблемы для населения. Поэтому для бесперебойной работы оборудования требуется периодическое проведение оценки и технической диагностики начиная с момента производства. Поэтому тема является актуальной и по сей день.

Проведение оценки технического состояния на определенных этапах жизненного цикла оборудования помогает своевременно выявлять дефекты и неисправности, а также продлевать срок его эксплуатации. В связи с этим можно сказать, что оценка технического состояния на определенных этапах жизненного цикла оборудования будет служить не только для определения состояния, а также для продления срока жизни оборудования. На ранних стадиях проведения обследования контроль состояния оборудования является затруднительным из-за малой информации и нехватки исходных данных.

Из-за неконтролируемых факторов (таких как окружающая среда (климатические условия), человеческий фактор, условия эксплуатации и т.п.) влияющих на электрооборудование в период его жизни создание модели жизненного цикла является тяжело реализуемым.

На основе статистических данных проведен анализ влияния методов технического диагностирования на состояние оборудования. В качестве примера рассматривается силовой трансформатор [1].

По результатам анализа построена функциональная зависимость состояния оборудования от времени его эксплуатации (Рис. 1).

Состояния оборудования описывается лингвистическими переменными, представленные четырьмя терминами [2]:

- исправное состояние  $D_1$ , когда требованиям нормативно-технической документации соответствует все свойства объекта. Такое состояние считается работоспособным;
- неисправное, но работоспособное состояние  $D_2$ , когда требованиям нормативно-технической документации соответствуют часть свойств объекта отвечающих за корректное выполнение заданных функции;
- неработоспособное, но ремонтпригодное состояние  $D_3$ , когда объекту требуется капитального ремонта для перехода оборудования в работоспособное состояние. При этом проведение капитального ремонта должен быть экономически целесообразен;

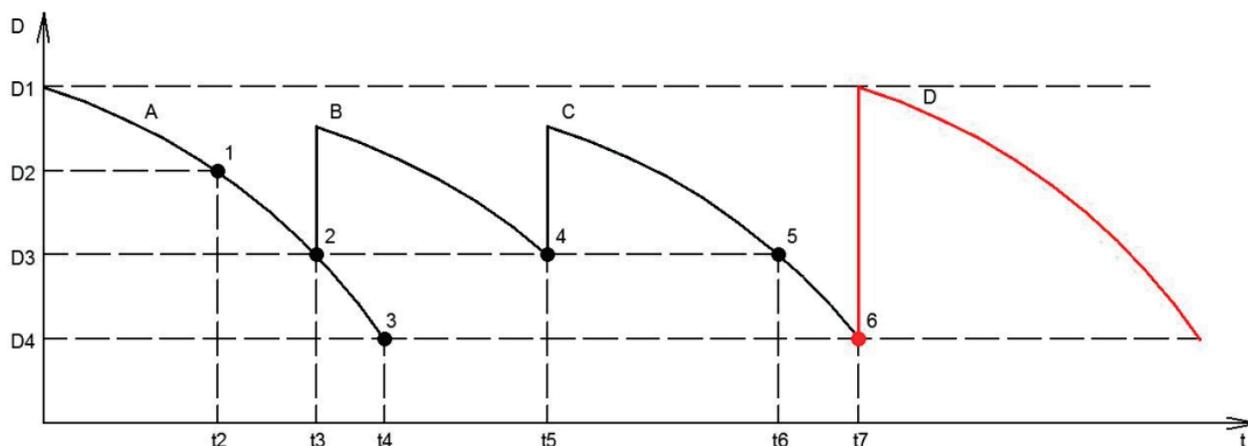


Рис. 1. Жизненный цикл оборудования без использования методов технической диагностики

– неработоспособное и неремонтопригодное состояние  $D_4$ , когда проведение капитального ремонта является технически невозможным или экономически невыгодным. В таком случае проводится полная замена электрооборудования

Как показано на рисунке 1,  $D_1$  – начальное состояние жизненного цикла трансформатора, а его эксплуатация описывается кривой А. Спустя примерно 12 лет с начала эксплуатации трансформатора, в точке 2, делается первый капитальный ремонт. Состояние трансформатора в момент проведения капитального ремонта соответствует  $D_3$  и повышается до исправного состояния. Дальнейшее эксплуатация оборудования описывается кривым В.

Второй капитальный ремонт проводится спустя около 10 лет, когда состояние трансформатора снизится и снова будет соответствовать состоянию  $D_3$ .

После второго капитального ремонта эксплуатация трансформатора описывается кривой С. Каждый такой ремонт восстанавливает оборудование до исправного состояния (но не первоначального).

Так как капитальный ремонт является трудозатратным и с технической и с экономической стороны в примере учитывается только капитальный ремонт (без текущей и т.п.).

В точке 5 оборудование вновь достигает состояния  $D_3$ , после чего уже экономически невыгодно проводить капитальный ремонт. В точке 6, при достижении состояния  $D_4$ , производят полную замену трансформатора.

В качестве примера представлена усредненная модель жизненного цикла силового трансформатора 110 кВ. В некоторых случаях число капитальных ремонтов для трансформаторов 110 кВ могут быть больше двух, а сроки проведения ремонтов могут отличаться от представленных в примере.

Графическая модель жизненного цикла трансформатора при использовании методов технического диагностирования изображена на рис. 2. Данные, полученные в результате тепловизионной диагностики были рассмотрены для анализа влияния применения методов технического диагностирования на жизненный цикл оборудования.

В данном случае проведение диагностирования оборудования осуществляется в точке 1, в промежутке между состояниями  $D_1$  —  $D_2$ , и не допускается падение состояния оборудования до состояния  $D_3$

Основной задачей технического диагностирования путем оценки является поддержание состояния в интервале  $D_1$  —  $D_2$  и определение места и вида неисправностей. По регламенту,

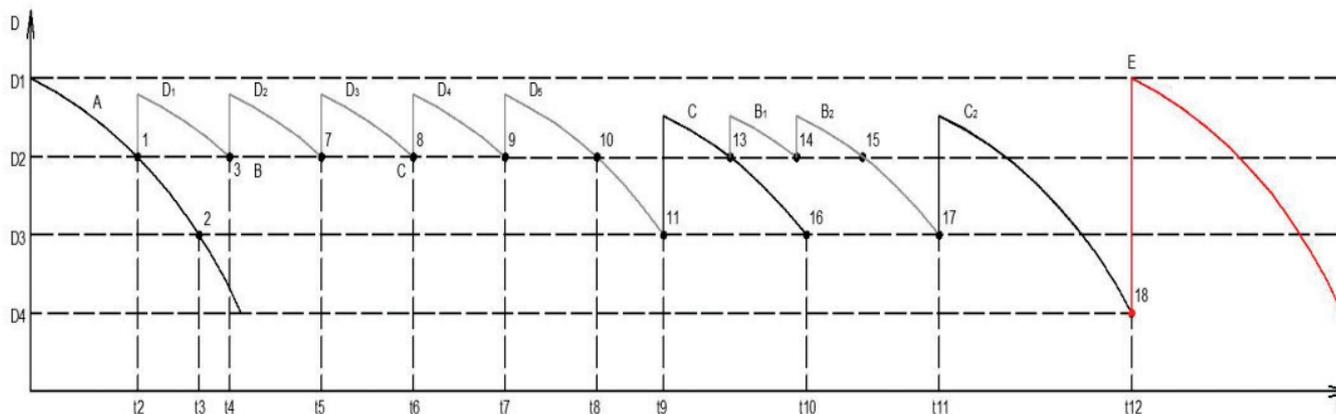


Рис. 2. Жизненный цикл оборудования при использовании методов технического диагностирования

частота проведения технического диагностирования 1 раз в 4–5 лет.

После достижения точки 10 ( $D_2$ ), когда уже проведение технического диагностирования является экономический не выгодным, оборудование достигает точки 11 ( $D_3$ ) и проводится капитальный ремонт.

После проведения капитального ремонта эксплуатация трансформатора описывается кривым С. Диагностирование оборудования возобновляется и описывается кривыми  $V_1$  и  $V_2$ .

#### Литература:

1. Давиденко И. В. Системы диагностирования высоковольтного маслонаполненного силового электрооборудования. / В. Н. Осотов // Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2003. — 117 с.
2. Хальясма А. И. Вопросы реализации оценки технического состояния электротехнического оборудования на электрических подстанциях / С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин, М. В. Осотова // Вопросы современной науки и практики. — 2013. — № 1(45). — С. 289–300.

## Исследование по усовершенствованию технологии производства слитков тантала методом вакуумно-дуговой плавки

Ларионов Роман Евгеньевич, студент магистратуры;

Масленников Олег Олегович, доктор PhD

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

Тантал — металл серо-стального цвета с синеватым оттенком, открыт в 1802 году шведским химиком Экебергом в минералах, найденных в Финляндии и Швеции. Был назван в честь героя древнегреческой мифологии Тантала, осужденного на вечную жажду, что было связано с трудностями, возникшими при растворении оксида нового элемента в кислотах. В чистом виде пластичный тантал впервые получен в 1903 году немецким химиком Болтоном. Промышленное производство тантала началось в 1922 году в США.

Содержание тантала в земной коре 2·10<sup>-4</sup>–4% (по массе). Среди других металлов тантал занимает пятьдесят четвертое место, что характеризует его как редкий металл. В природе почти всегда встречается с ниобием. Тантал входит в состав почти ста минералов, основными из которых является танталит и колумбит.

Так как ниобий и тантал в большинстве случаев в природе встречаются совместно, поскольку их химические соединения обладают сходными химическими свойствами, первые открыватели этих элементов, несомненно, имели дело с обоими элементами одновременно.

Хатчет в 1801 году нашел в руде из Коннектикута «земельную кислоту» нового элемента, который он назвал в честь Америки колумбием. Возможно, Хатчет имел дело со смесью Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> неопределенного состава. Подобно этому Экеберг в финских и шведских рудах нашел Ta(Nb)-кислоты и назвал их танталитами и иттротанталитами. Назвав тантал элементом, Экеберг определил его химическую природу. В 1844 году Розе в различных колумбитах обнаружил су-

ществование еще одного элемента и предложил для него название ниобий. При решении вопроса об идентичности двух элементов из имеющихся трех Волластон принял тождественность колумбия и ниобия: было установлено, что ниобий и колумбий один и тот же элемент.

Основное достоинство использования методов технического диагностирования — это существенное увеличение предельного эксплуатационного срока электросетевого оборудования. А полученные с помощью технического диагностирования данные позволяют получить достаточно полную информацию технического состояния большей части оборудования электростанции и подстанции.

Тантал — один из наиболее редких металлов, однако он вырабатывается в значительных количествах. Это, несомненно, обусловлено тем, что тантал нашел весьма широкое распространение в промышленности.

Механические свойства тантала достаточно хорошо изучены. При комнатной температуре тантал высокопластичен. Предел прочности тантала при комнатной температуре меняется от 190 до 1260 МН/м<sup>2</sup> в зависимости от степени чистоты и наклепа, т.е. от методов его получения и обработки. Так, предел прочности высокочистого тантала электронно-лучевой плавки (0,0016% O; 0,001% N; 0,00014% H и 0,003% C) в рекристаллизованном состоянии равен 194–234 МН/м<sup>2</sup>. Тантал полученный методом порошковой металлургии, имеет значительно больше примесей внедрения (например 0,0056% O; 0,013% N и 0,02% C) и, одновременно, более мелкое зерно. Он имеет предел прочности в рекристаллизованном состоянии 270–460 МН/м<sup>2</sup>. Пластичность в обоих случаях одинаков.

Изменение механических свойств тантала в зависимости от содержания кислорода приведено на рисунке 1 (цифрами обозначено: 1-предел прочности; 2-модуль упругости; 3-удлинение; 4-сужение). Насыщение тантала водородом приводит к его охрупчиванию. С повышением температуры поглощение водорода танталом сильно уменьшается.

Изменение механических свойств тантала в зависимости от содержания кислорода приведено на рисунке 1 (цифрами обозначено: 1-предел прочности; 2-модуль упругости; 3-удлинение; 4-сужение). Насыщение тантала водородом приводит к его охрупчиванию. С повышением температуры поглощение водорода танталом сильно уменьшается.