
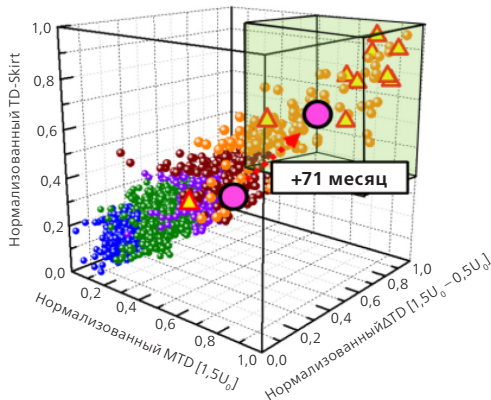


statex®

Программное обеспечение BAUR для статистического прогнозирования срока службы кабелей разработана совместно с  **KEPCO**
KOREAN ELECTRIC POWER CORPORATION



Трехмерное отображение взаимосвязей между нормализованными параметрами оценки измерений коэффициента диэлектрических потерь MTD, ΔTD и TD-Skirt: выделенная зона на рис. справа вверху демонстрирует высокую вероятность повреждений.

Оценка состояния кабеля на основании опыта и прогнозирование статистического остаточного срока службы

- Анализ состояния всей кабельной сети на основании различных параметров коэффициента диэлектрических потерь
- LT Wizard — статистический инструмент определения параметров для расчета остаточного срока службы
- Инновационный запатентованный алгоритм оценки для статистического прогнозирования остаточного срока службы средневольтных кабелей
- Проверен в результате 45 000 измерений коэффициента диэлектрических потерь на 15 000 кабельных участков

Аналитическое программное обеспечение statex® предназначено для детального определения степени старения, скорости старения и статистического остаточного срока службы кабельного участка на основании диагностического измерения коэффициента диэлектрических потерь напряжением СНЧ truesinus® (сверхнизкой частоты).

Кроме того, ПО statex® учитывает, наряду с общепринятыми параметрами оценки согласно стандарту IEEE 400.2 (SDTD, MTD и ΔTD), еще один новый параметр TD-Skirt, характеризующий устойчивость коэффициент диэлектрических потерь (TD) с течением времени. Он позволяет рассчитать коэффициент старения изоляции R и скорость старения V_R кабельного участка. Также программа выдает точную дату, когда рекомендуется провести повторное измерение или когда необходимо выполнить определенные работы на данном участке кабеля.

Характеристики

- LT Wizard — это комплексный статистический инструмент для оценки результатов измерений и определения пороговых значений для расчета остаточного срока службы кабелей различных типов и различной длины
- Информация о состоянии всей сети позволяет целенаправленно реагировать на критичное состояние отдельных кабельных участков
- Определение скорости старения и остаточного срока службы кабеля на основе диагностического измерения коэффициента диэлектрических потерь напряжением СНЧ truesinus®
- Трехмерное отображение взаимосвязей между нормализованными параметрами оценки измерений коэффициента диэлектрических потерь MTD, ΔTD и TD-Skirt в качестве основы для определения остаточного срока службы кабеля
- Учет специфических директив конкретного предприятия при определении даты ремонта кабеля (обеспечение бесперебойности энергоснабжения)
- Новый параметр оценки TD-Skirt для определения остаточного срока службы
- Коэффициент старения изоляции R для комплексной оценки диэлектрических потерь, устойчивости по напряжению и по времени
- Расчет даты Action Required (когда необходимо принятие мер)
- Диагностические системы BAUR обеспечивают необходимую точность измеренных данных
- Простое управление данными измерений и кабелей в централизованном банке данных кабелей

Кроме того, в процессе расчета учитываются экономический предел эксплуатационного ресурса и задаваемый пользователем индивидуальный резерв устойчивой работы, что в совокупности позволяет определить оптимальную дату замены данного кабеля.

Благодаря учету специфических директив конкретного предприятия и визуализации комплексных взаимосвязей между различными параметрами оценки в трехмерной матрице, ПО statex® позволяет осуществлять экономичное и обеспечивающее надежную эксплуатацию управление активами на качественно новом уровне.

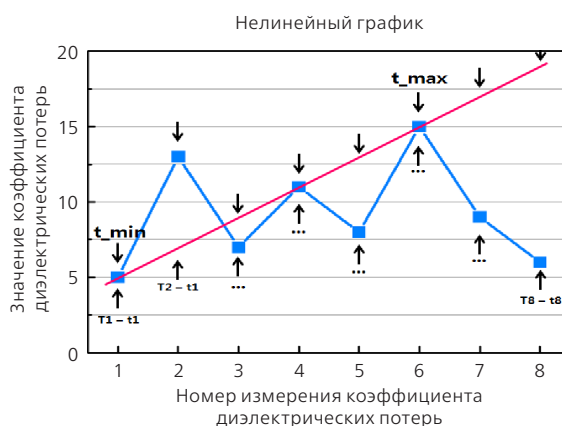
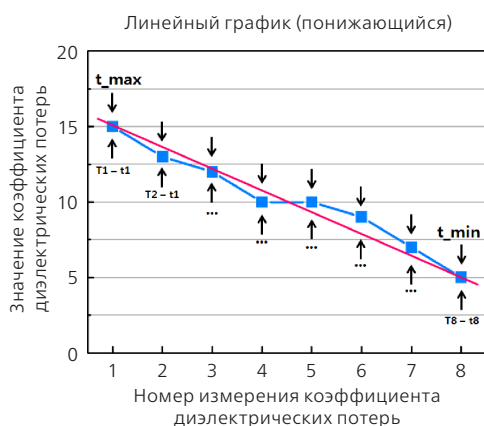
Цели

- Оптимальное прогнозирование остаточного срока службы кабельного участка
- Снижение количества случаев выхода из строя
- Предотвращение социальных расходов

Критерии тангенса дельта СНЧ

Новый параметр оценки TD-Skirt

Кабели с потерями в изоляции имеют такие признаки, как постоянное повышение или понижение или колебание значений коэффициента диэлектрических потерь в пределах одного шага напряжения. Степень изменения называется TD-Skirt и описывает устойчивость измерений коэффициента диэлектрических потерь по времени. Для этого проводится виртуальная линия, соединяющая самое высокое и самое низкое значение коэффициента диэлектрических потерь восьми последовательных измерений. При этом линейный (повышающийся) график значений измерений указывает на изменение диэлектрических потерь изоляции кабеля; понижающийся (или нелинейный) график, напротив, указывает на влажность или электрические разряды в муфтах или концевых муфтах.



Коэффициент старения изоляции R

Коэффициент старения изоляции R рассчитывается на основании нормализованных значений MTD, ΔTD и TD-Skirt и позволяют судить о состоянии изоляции испытываемого кабеля на момент измерения. Он отображается в виде трехмерного вектора.

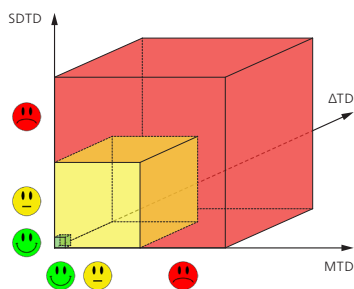
$$R = \sqrt{MTD_{норм.}^2 + \Delta TD_{норм.}^2 + TD-Skirt_{норм.}^2}$$

Прогнозирование статистического остаточного срока службы (принцип)

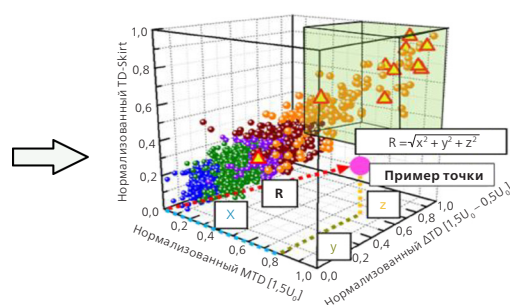
На основании статистической оценки 45 000 измерений, выполненных на 15 000 кабельных участков (прибл. 7000 км), запатентованный алгоритм аналитического программного обеспечения stutex® рассчитывает коэффициент старения изоляции R. Данный алгоритм был разработан и запатентован компанией Korea Electric Power Corporation (KEPCO) в сотрудничестве с Университетом Мокпхо (Корея).

При расчете 3-мерного коэффициента старения изоляции R наряду с нормализованной оценкой MTD и ΔTD также учитывается новый параметр оценки TD-Skirt. Помимо указанных в стандарте IEEE 400.2 параметров MTD, SDTD и ΔTD, расчет индекса старения R позволяет дать точную рекомендацию о том, когда следует провести повторные измерения или когда потребуется выполнить работы на данном участке кабеля, например, через 3 года.

Оценка в соответствии со стандартом IEEE 400.2*



Оценка с помощью ПО stutex®



По окончании повторного измерения и повторного определения коэффициента старения изоляции R на основании коэффициентов R, полученных в результате обоих измерений, рассчитывается скорость старения и ожидаемый остаточный срок службы кабельного участка. При этом разница между экономическим пределом эксплуатационного ресурса и индивидуальным резервом устойчивой работы конкретного энергоснабжающего предприятия дает возможность сделать вывод о том, когда на данном кабельном участке следует выполнить необходимые работы.

Пример: экономия в компании KEPCO благодаря использованию ПО stutex®

Оценка данных измерения ЧР на 15 000 кабельных участках в соответствии со стандартом IEEE 400.2 показала, что прибл. 255 км эксплуатируемого кабеля относятся к категории Action required — «Необходимо принятие мер» (🔴).

Оценка тех же данных измерений с помощью ПО stutex® показала, что только прибл. 55 км эксплуатируемого кабеля имеют остаточный срок службы менее 2 лет. Это означает, что необходимость в замене прибл. 200 км кабеля пока отсутствует.

Исследования компании KEPCO показали, что оценка измерений с помощью ПО stutex® по сравнению с оценкой в соответствии с критериями стандарта IEEE позволяет увеличить средний статистический остаточный срок службы кабельного участка на 11 лет.

Технический паспорт: BAUR GmbH · 896-351-2 · 07.2021 · Публикуется с правом внесения изменений

Возможности оценки в программном обеспечении

- Отображение коэффициента старения изоляции R для фаз кабельного участка L1, L2 и L3
- Динамика изменения коэффициента старения изоляции в 3-мерном отображении — сравнительно с 45 000 точек измерений компании KEPCO
- Результаты:
 - Коэффициент старения изоляции R
 - Скорость старения V_R
 - Статистический остаточный срок службы
 - Дата проведения следующего измерения
 - Расчетная дата выхода из строя
 - 3-мерная диаграмма состояния
 - Диаграмма TD-Skirt
- Предупреждение о расчетном возможном выходе из строя
- Функция напоминания о повторном измерении
- Импорт данных измерений ЧР BAUR (BMF, MMF, IMF, MHT, CSV)

Возможности индивидуальных настроек для конкретного предприятия

- Коэффициент старения изоляции R для различных типов кабеля
- Пороговые значения для коэффициента старения изоляции R
- Резерв устойчивой работы для определения срока ремонта или замены кабеля до выработки им своего эксплуатационного ресурса
- Определение собственных критериев оценки или критериев согласно стандарту IEEE 400.2

* Критерии оценки в соответствии со стандартом IEEE 400.2:

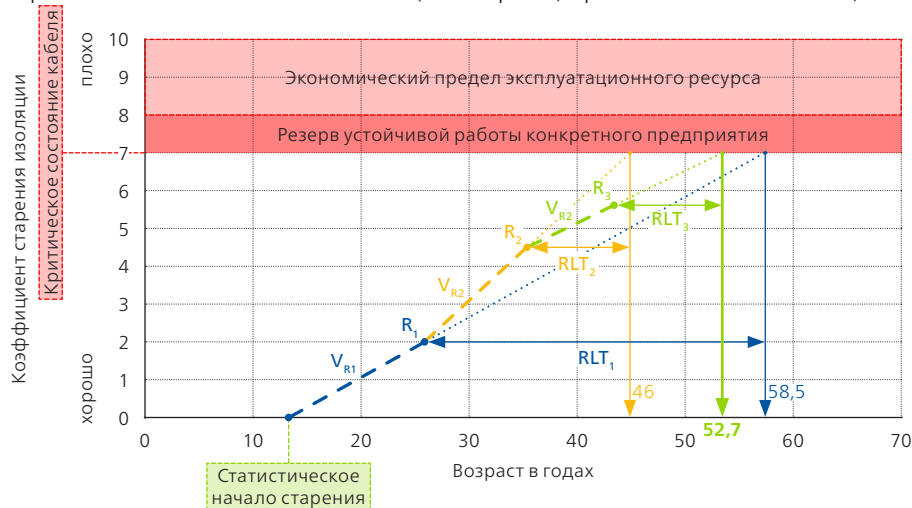
- 🟢 No action required — меры не требуются
- 🟡 Further study advised — рекомендуется дальнейшее испытание
- 🔴 Action required — необходимо принять меры



Разработчик ПО — компания KEPCO

Пример: расчет статистического остаточного срока службы кабеля

В приведенном ниже примере статистический момент начала старения DSP (degradation starting point) наступает по истечении 13 лет, а за критическое состояние кабеля CP (critical point) принимается значение 7,0.



Измерение коэффициента диэлектрических потерь после выработки эксплуатационного ресурса DP (duty period) в количестве 26 лет дает значение коэффициента старения изоляции R_1 кабеля 2,0. С его помощью после первого измерения можно рассчитать скорость старения V_{R1} . В свою очередь скорость старения позволяет рассчитать статистический остаточный срок службы RLT (remaining life time) кабеля после первого измерения.

$$V_{R1} = \frac{R_1}{DP_1 - DSP} = \frac{2,0}{26 \text{ лет} - 13 \text{ лет}} = 0,15 \text{ года}^{-1} \quad RLT_1 = \frac{CP - R_1}{V_{R1}} = \frac{7,0 - 2,0}{0,15 \text{ года}^{-1}} = 32,5 \text{ года}$$

На основании статистического остаточного срока службы можно вывести ожидаемый срок выработки эксплуатационного ресурса A_{CP1} кабеля при достижении кабелем своего критического состояния:

$$A_{CP1} = DP_1 + RLT_1 = 26 \text{ лет} + 32,5 \text{ года} = 58,5 \text{ года}$$

Повторное измерение по истечении 10 лет, т.е. при сроке службы кабеля 36 лет, дает второй коэффициент старения изоляции R_2 со значением 4,5. Скорость старения V_{R2} , статистический остаточный срок службы RLT_2 и ожидаемый срок выработки эксплуатационного ресурса A_{CP2} кабеля при достижении кабелем своего критического состояния рассчитываются следующим образом:

$$V_{R2} = \frac{R_2 - R_1}{DP_2 - DP_1} = \frac{4,5 - 2,0}{36 \text{ лет} - 26 \text{ лет}} = 0,25 \text{ года}^{-1} \quad RLT_2 = \frac{CP - R_2}{V_{R2}} = \frac{7,0 - 4,5}{0,25 \text{ года}^{-1}} = 10 \text{ лет}$$

$$A_{CP2} = DP_2 + RLT_2 = 36 \text{ лет} + 10 \text{ лет} = 46 \text{ лет}$$

Второе повторное измерение по истечении 8 лет, т.е. при сроке службы кабеля 44 года, дает третий коэффициент старения изоляции R_3 со значением 5,7. Скорость старения V_{R3} , статистический остаточный срок службы RLT_3 и ожидаемый срок выработки эксплуатационного ресурса A_{CP3} кабеля при достижении кабелем своего критического состояния рассчитываются следующим образом:

$$V_{R3} = \frac{R_3 - R_2}{DP_3 - DP_2} = \frac{5,7 - 4,5}{44 \text{ года} - 36 \text{ лет}} = 0,15 \text{ года}^{-1} \quad RLT_3 = \frac{CP - R_3}{V_{R3}} = \frac{7,0 - 5,7}{0,15 \text{ года}^{-1}} = 8,7 \text{ года}$$

$$A_{CP3} = DP_3 + RLT_3 = 44 \text{ года} + 8,7 \text{ года} = 52,7 \text{ года}$$

Учитывая специфику старения кабеля, оценка результатов двух последующих измерений позволяет рассчитать возможный срок службы кабеля, который составляет приблизительно 52,7 года.

Технические данные

| Общие данные | | Системные требования | |
|------------------------------------|---|--------------------------|---|
| Языки пользовательского интерфейса | Английский, немецкий Другие языки по запросу | Операционная система | Windows 7 (или выше) Рекомендуется: Windows 8 (или выше) |
| Формат импортируемых данных | BMF, MMF, IMF, MHT, CSV | Память | не менее 4 Гб RAM Рекомендуется: не менее 8 Гб RAM |
| Формат экспортируемых отчетов | PDF, PNG | SQL Server | Microsoft SQL Server 2019 |
| | | Microsoft .NET Framework | 4.5 (или выше) |

Предлагаемые лицензии на ПО

| Лицензии | Функции | | |
|--|-----------------------|--|-----------|
| | Расчет коэффициента R | Прогнозирование остаточного срока службы | LT Wizard |
| statex® core | ✓ | X | X |
| statex® pro (основная лицензия) | ✓ | ✓ | ✓ |
| Дополнение к statex® pro для еще одного рабочего места (только вместе с основной лицензией statex® pro) | ✓ | ✓ (Параметры расчета устанавливаются централизованно с помощью инструмента LT Wizard ПО statex® pro с основной лицензией) | X |
| Пакет statex® pro: 1 основная лицензия + 2 дополнительные лицензии | ✓ | ✓ | ✓ |



Разработчик ПО — компания
KEPCO

Контакт:

BAUR GmbH (Headoffice Österreich)
T +43 (0)5522 4941-0
headoffice@baur.at

BAUR Prüf- und Messtechnik GmbH
T +49 (0)2181 2979 0
vertrieb@baur-germany.de

BAUR GmbH (Branch UAE)
T +971 50 4440270
shibu.john@baur.at

BAUR France
T +33 (04) 69 98 27 27
infoFR@baur.eu

Baur do Brasil Ltda.
T +55 11 297 25 272
atendimento@baurdobrasil.com.br

BAUR Test Equipment Ltd. (UK)
T +44 (0)20 8661 0957
sales@baurtest.com

奥地利保尔公司上海代表处
电话 +86 (0)21 6133 1877
shanghaioffice@baur.at

BAUR Representative Office Hong Kong
T +852 2780 9029
office.hongkong@baur.at

Представительства компании BAUR:
www.baur.eu > BAUR worldwide

