

# Methods for Predicting Remaining Service Life of Power Transformers and Their Components

Julija Jakovleva (Riga Technical University - RTU), Sandra Vitolina (RTU) and Vjaceslavs Maskalonoks (RTU)

**Keywords** – Maintenance, power transformer, prognosis, reliability.

## I. INTRODUCTION

Prediction of a fault and remaining service life is the most important information for maintenance engineering group to avoid system outages.

Four different methods are comprised in this paper that allows estimating remaining service life of power transformer. However it has to be noted that development of such prediction for power transformer requires direct cooperation with diagnostics, which provides information on faults.

## II. AN OVERVIEW AND PRACTICAL APPLICATION OF APPROACHES OF REMAINING SERVICE LIFE PREDICTION

The main objective of this paper is to analyze methods for determining remaining lifetime, considering the aspect whether information provided by diagnostic tests used for power transformers in Latvia is sufficient.

TABLE III

MAIN DISADVANTAGES OF METHODS OF REMAINING SERVICE LIFE PREDICTION

<i>A</i> Direct evaluation of degree of polymerization (DP)	- Requires opening transformer tank for determining value of DP; - Involves the use of the empirical coefficient; - Fails to analyze a single component of a transformer.
<i>B</i> Indirect evaluation of DP	- Discrepancy in formulas relating furans and DP; - Fails to analyze a single component of a transformer.
<i>C</i> Hot spot temperature	- Relevant ageing factors are not considered; - Involves the use of the empirical coefficients; - Measuring is difficult; - Fails to analyze a single component of a transformer.
<i>D</i> Analysis of maintenance data	- Requires statistical data from the beginning of the transformer operation that can not be obtained later on, if not recorded in time.

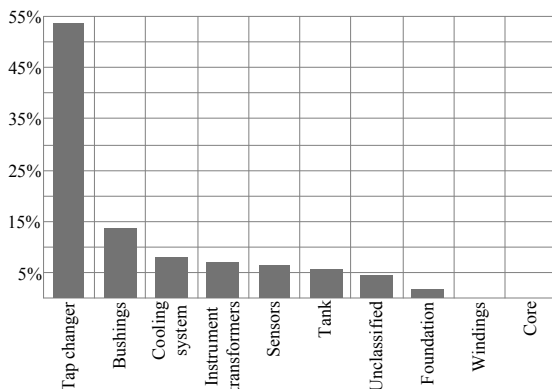


Fig. 3. Classification of faults (by Nordel method)

Fig. 3 shows distribution of the faults depending on location that is obtained by applying Nordel classification method of

faults [7] to statistical data on faults of power transformers in Latvian transmission network.

The research based on statistical data about faults of power transformers allows concluding that for power transformers in Latvia the technical condition of the individual components determines overall remaining service life at a large extent. Tap changer, cooling system, and bushings are components with the highest contribution of faults and in coming years such faults can be expected repeatedly.

Therefore the method that includes Weibull distribution [8] is suitable for analysis of situation in Latvian power network..

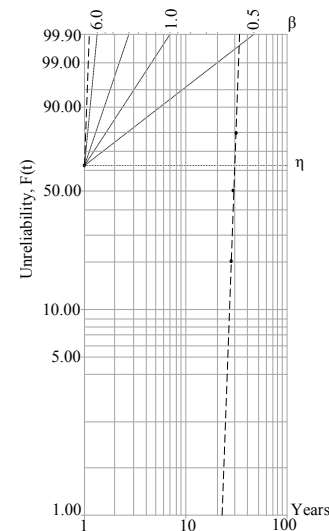


Fig. 4 Weibull cumulative distribution functions for the tap changers of transformer T3

Charts (as shown for example in Fig. 4.) allow evaluating the technical condition of the component and its mean service life.

## III. CONCLUSIONS

The Weibull analysis method is the most suitable in Latvian situation. The necessary maintenance data of the transformer can be obtained by using condition based maintenance strategy; also this method does not require additional and complex diagnostic tests.

## REFERENCES

- [7] Grid Disturbance Group (STÖRST), "Nordel's Guidelines for the Classification of Grid Disturbances", Nordel's Operations Committee, July 2008. [Online]. Available: [https://www.entsoe.eu/fileadmin/user\\_upload/library/publications/nordic/operations/Nordel\\_guidelines\\_2008\\_07\\_02\\_ENG\\_G\\_V2.pdf](https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/library/publications/nordic/operations/Nordel_guidelines_2008_07_02_ENG_G_V2.pdf) [Accessed: May 2, 2012].
- [8] Jongen R., Gulski E., Morshuis P., Smit J., Janssen A. Statistical Analysis of Power Transformer Component Life Time Data. The 8<sup>th</sup> International Power Engineering Conference (IPEC 2007), Singapore, 2007, pp. 1273-1277.

# Lieljaudas transformatora un tā konstrukcijas elementu darbmūža prognozēšanas metodes

Julija Jakovleva (Riga Technical University - RTU), Sandra Vitolina (RTU) and Vjaceslavs Maskalonoks (RTU)

**Atslēgvārdi (angl.) – Maintenance, power transformer, prognosis, reliability.**

## I. IEVADS

Transformatora defektu un atlikušā darbmūža prognozēšana ir būtiska informācija transformatoru ekspluatācijas procesā, kas palīdz izvairīties no atslēgumiem.

Šajā rakstā ir apskatītas četras atšķirīgas prognozēšanas metodes, kuras ļauj novērtēt transformatora atlikušo darbmūžu. Tomēr prognozēšanas metožu pielietošana un to precizitāte ir tieši saistīta ar transformatora diagnostiku, kura sniedz informāciju par transformatora defektiem.

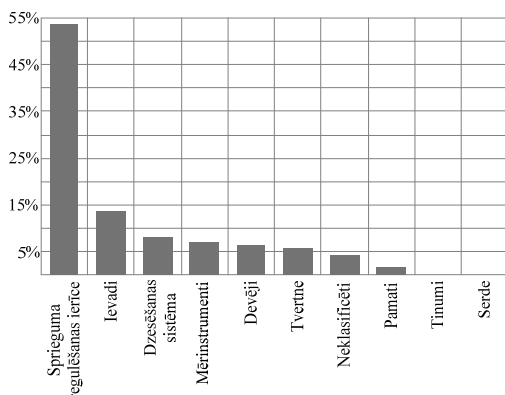
## II. PĀRSKATS PAR ATLIKUŠĀ DARBMŪŽA PROGNOZĒŠANAS METODĒM UN TO PRAKTISKAIS PIELIETOJUMS

Šī šā darba galvenais mērķis ir atlikušā darbmūža prognozēšanas metožu analīze, pielietojot pieejamo informāciju no Latvijas elektropārvades tīkla transformatoru diagnostikas rezultātiem.

3. TABULA

ATLIKUŠĀ DARBMŪŽA PROGNOZĒŠANAS METOŽU GALVENIE TRŪKUMI

<b>A</b> Polimerizācijas pakāpes (PP) tieša novērtēšana	- Nepieciešams atvērt transformatora tvertni, lai noteiktu polimerizācijas pakāpes vērtību; - Jāizmanto empīrisko koeficientu; - Nav iespējams analizēt atsevišķus transformatora konstrukcijas elementus
<b>B</b> PP netiešs novērtējums	- Neviennozīmīgi furānu un polimerizācijas pakāpes korelācijas vienādojumi; - Nav iespējams analizēt atsevišķus transformatora konstrukcijas elementus
<b>C</b> Karstākā punkta temperatūra	- Netiek ievēroti būtiski novecošanās faktori; - Jāizmanto empīrisko koeficientu; - Sarežģīta mērījumu veikšana; - Nav iespējams analizēt atsevišķus transformatora konstrukcijas elementus
<b>D</b> Ekspluatācijas datu analīze	- Nepieciešami statistikas dati no transformatora ekspluatācijas sākuma, kurus nevar iegūt vēlāk, ja netika pierakstīti laikā

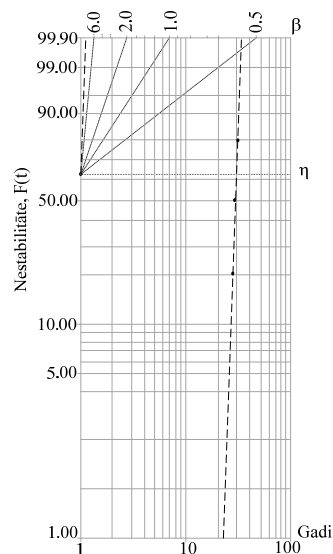


3. att. Defektu klasifikācija (pēc Nordel metodes).

3. attēlā ir parādīts Latvijas elektropārvades tīkla lieljaudas transformatoru defektu sadalījums, kas iegūts, ar Nordel metodi [7] apstrādājot statistikas datus un par klasifikācijas parametru izvēloties transformatora konstrukcijas elementus.

Šis pētījums ļauj secināt, ka Latvijas transformatoru atlikušais darbmūžs lielā mērā ir atkarīgs no tā sastāvdaļu tehniskā stāvokļa. SRI, dzesēšanas sistēma un ievadi ir tie transformatora konstrukcijas elementi, kuriem raksturīgs augsts defektu īpatsvars, un paredzams, ka tuvākajos gados defektu skaits tikai pieaugs.

Tādēļ Veibula [8] sadalījuma izmantošana, kas ļauj analizēt vienu konkrētu elementu, ne tikai visu transformatoru kopumā, ir īpaši piemērota Latvijas situācijai.



3. att. Veibula funkcijas sadalījums SRI transformatoram T3.

Izmantojot konstruētos grafikus (kāds, piemēram, parādīts att.), ir iespējams novērtēt konkrētā elementa tehnisko stāvokli un noteikt tā vidējo darbmūžu.

## III. SECINĀJUMI

Veibula analīzes izmantošana ir vispiemērotākā Latvijas situācijai. Šai analīze nepieciešamos datus var iegūt no pielietotās transformatora ekspluatācijas stratēģijas, proti, šī metode neprasa papildus sarežģītus diagnostikas testus.

## LITERATŪRA

- [7] Grid Disturbance Group (STÖRST), "Nordel's Guidelines for the Classification of Grid Disturbances", Nordel's Operations Committee, July 2008. [Online]. Available: [https://www.entsoe.eu/fileadmin/user\\_upload/library/publications/nordic/operations/Nordel\\_guidelines\\_2008\\_07\\_02\\_ENG\\_G\\_V2.pdf](https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/library/publications/nordic/operations/Nordel_guidelines_2008_07_02_ENG_G_V2.pdf) [Accessed: May 2, 2012].
- [8] Jongen R., Gulski E., Morshuis P., Smit J., Janssen A. Statistical Analysis of Power Transformer Component Life Time Data. The 8<sup>th</sup> International Power Engineering Conference (IPEC 2007), Singapore, 2007, pp. 1273-1277.

# Методы прогнозирования остаточного срока службы трансформатора и его компонентов

Julija Jakovleva (Riga Technical University - RTU), Sandra Vitolina (RTU) and Vjaceslavs Maskalonoks (RTU)

**Ключевые слова (англ.)** – Maintenance, power transformer, prognosis, reliability.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Прогнозирование неисправностей и остаточного срока службы трансформатора является важной информацией для инженерной группы для обслуживания, чтобы избежать простоев системы.

В статье рассмотрены четыре различных метода прогнозирования, которые позволяют оценить остаточный срок службы трансформатора. Однако следует отметить, что развитие прогнозирования требует прямого сотрудничества с диагностикой трансформатора, которая предоставляет информацию о неисправностях.

## II. ОБЗОР И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО СРОКА СЛУЖБЫ

Основной целью данной работы является анализ методов определения остаточного ресурса, учитывая доступную информацию, которая получена по результатам диагностики трансформаторов Латвии.

ТАБЛИЦА III

ОСНОВНЫЕ НЕДОСТАТКИ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА

<i>A</i> Прямая оценка степени полимеризации (СП)	- Требуется открытие резервуара трансформатора для определения значения СП; - Используется эмпирический коэффициент; - Невозможно проанализировать один компонент.
<i>B</i> Косвенная оценка СП	- Несоответствие в формулах, относящиеся к фурану и СП; - Невозможно проанализировать один компонент.
<i>C</i> Температура горячей точки	- Не рассматриваются соответствующие факторы старения; - Используется эмпирический коэффициент; - Затруднительно измерение; - Невозможно проанализировать один компонент.
<i>D</i> Анализ данных обслуживания	- Требуется статистические данные с начала эксплуатации трансформатора, который не могут быть получены позже, если не были записаны в срок.

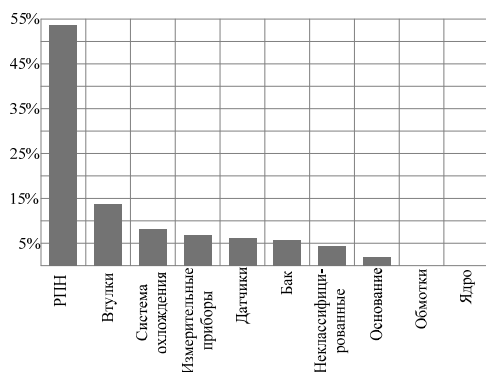


Рис. 3. Классификация неисправностей (по методу Nordel)

На рис. 3. показано распределение неисправностей в зависимости от места происхождения, которое было получено путем классификации статистических данных трансформаторов работающих в латвийских электросетях по методу Nordel [7].

Такое исследование позволяет сделать вывод, что для латвийских трансформаторов остаточный срок службы в значительной степени зависит от технического состояния отдельных компонентов. РПН, система охлаждения и втулки это компоненты с высоким количеством неисправностей и в ближайшие годы неисправностей следует ожидать больше.

Поэтому использование распределение Вейбулла [8] особо подходит для латвийской ситуации.

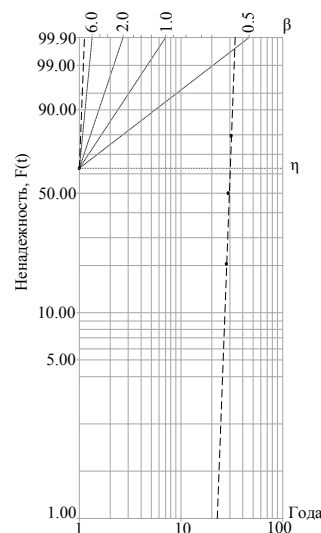


Рис. 4. Распределение функции Вейбулла для РПН трансформатора ТЗ

Конструированный график (Рис. 4.) позволяет оценить техническое состояние компонента и его средний срок службы.

## III. ВЫВОДЫ

Использование анализа Вейбулл является наиболее подходящим для латвийской ситуации. Необходимые данные могут быть получены с помощью стратегии технического обслуживания; а также этот метод не требует дополнительных и сложных диагностических тестов.

## ЛИТЕРАТУРА

- [7] Grid Disturbance Group (STÖRST), “Nordel’s Guidelines for the Classification of Grid Disturbances”, Nordel’s Operations Committee, July 2008. [Online]. Available: [https://www.entsoe.eu/fileadmin/user\\_upload/library/publications/nordic/operations/Nordel\\_guidelines\\_2008\\_07\\_02\\_ENG\\_G\\_V2.pdf](https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/library/publications/nordic/operations/Nordel_guidelines_2008_07_02_ENG_G_V2.pdf) [Accessed: May 2, 2012].
- [8] Jongen R., Gulski E., Morshuis P., Smit J., Janssen A. Statistical Analysis of Power Transformer Component Life Time Data. The 8<sup>th</sup> International Power Engineering Conference (IPEC 2007), Singapore, 2007, pp. 1273-1277.