



مقایسه عملکرد تکنیک‌های تشخیص عیوب و پایش وضعیت ترانسفورماتورهای قدرت با در نظر داشتن روش‌های مبتنی بر بررسی پارامترهای استاندارد

سهیل مجیدی^{۱،۲}، ارسلان حکمتی^۲، فاطمه محمدی^۳، سجاد دادفر^۴

۱. دپارتمان تحقیق و توسعه، گروه راهبردی Blue&P، تهران، ایران
۲. گروه پژوهشی ماشین‌های الکتریکی دوار، پژوهشگاه نیرو، تهران، ایران
۳. دپارتمان فنی و مهندسی، گروه دانش بنیان دلتا گاز مبین، تهران، ایران
۴. شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران (توانیر)، تهران، ایران

S.Majidi@Blueandpgroup.com - Ahekmati@nri.ac.ir - f.mohammadi@delta-gas.com - S.dadfar@tavanir.org.ir

معرفی تجهیزات و متغیرها جهت پایش قسمت‌های مختلف ترانسفورماتور

جدول (۲): پارامترهای قابل سنجش در ترانسفورماتور و تجهیزات مربوطه

قسمت	نوع سنسور	متغیر قابل اندازه‌گیری
بوشینگ	BM	ظرفیت خازنی
		تاژتارت دلتا
عایق	PD	جریان ناشی
		ولتاژ فاز به فاز و فاز به زمین
بخش فعال	DTM	تاژتارت دلتا
		تخلیه جزئی
	DGA	دمای روغن
		دمای نقطه داغ سیم پیچ
	Digital Transducers	دمای محیط
مخزن و روغن	Moisture Monitor	درصد بار
		گازهای حل شده در روغن
	MBR-Rupture Relay	ولتاژ خط
		جریان خط
	DTM	توان اکتیو، راکتیو و ظاهری
خنک کننده	Digital Transducer	میزان رطوبت موجود در روغن
		درصد آب اشباع شده در روغن
سایر	Data Acquisition Module	دمای اشباع محیط
		دمای اشباع مرجع
	-	روند ایجاد آب
		پارگی مخزن اضافی
	-	دمای روغن - مبدل ورودی
		دمای روغن - مبدل خروجی
سایر	-	دمای آب - مبدل ورودی
		دمای آب - مبدل خروجی
	-	ولتاژ پمپ روغن
		جریان پمپ روغن
	-	توان پمپ روغن
سایر	-	وضعیت خاموش یا روشن فن
		ارزش پمپ روغن
	-	فرمان‌های هشدار
		رله بوخهلتر
	-	شیر اطمینان فشار
		سطح روغن و ...

مقایسه تکنیک‌ها و نتیجه‌گیری

* مقایسه تکنیک‌ها

جدول (۳): مقایسه کلی انواع روش‌های مختلف پایش وضعیت

Name of the tests	Online monitoring	Routine test	Diagnostic test	Type of faults detection		
				Electrical	Mechanical	Thermal
DGA	X	X	X	X		X
Oil testing		X	X	X		X
Furan analysis			X	X		X
DP measurement			X	X		
SFRA		X	X		X	
Power factor measurement	X	X	X	X	X	
Leakage resistance			X		X	
Insulation resistance		X		X		
PD measurement	X		X	X		X
Turns ratio measurement		X				X
Dielectric response analysis			X			X
Windy resistance		X				X
Core-to-ground resistance			X			X
Excitation current			X			X

* نتیجه‌گیری

طبق مطالعات گسترده از منابع مختلف و در نظر داشتن استانداردهای بین‌المللی، برای جلوگیری از پیری ترانسفورماتور، هزینه‌های جابجایی، عدم خروج واحدهای تولیدی و خاموشی‌های گسترده و افزایش راندمان تولید و طول عمر مفید خود این تجهیزات، استفاده از روش‌های پایش وضعیت مداوم بهترین راه‌حل ممکن می‌باشد. برای آشنایی بهتر، دسته‌بندی تکنیک‌های تشخیص و پایش وضعیت به صورت نمودار درختی در مقاله معرفی و ارائه شد. همچنین در بخش دیگری از مقاله، مهم‌ترین پارامترهای قابل اندازه‌گیری در ترانسفورماتورهای قدرت، به منظور طراحی و توسعه سیستم پایش به همراه معرفی تجهیزات مورد نیاز برای سنجش هر پارامتر ارائه گردید. به طور قطع و با ارائه روش‌های متعدد، انتخاب روشی مناسب با توجه به شرایط کاری ترانسفورماتور امری ضروری تلقی می‌گردد.

مراجع

(این مقاله دارای ۷۵ مرجع است که در ذیل به اختصار آورده شده است)

- Liu X, Yang Y, Huang Y, et al. Vibration characteristic investigation on distribution transformer influenced by DC magnetic bias based on motion transmission model [J]. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2018, 98: 389-398.
- Fei D L P, Silva P R, Bernardon D P, et al. Development of an efficient distribution transformer using amorphous core and vegetable insulating oil [J]. Electric Power Systems Research, 2017, 144: 268-279.
- Sadeghi M H, Damchi Y, Shirani H. Improvement of operation of power transformer protection system during sympathetic inrush current phenomena using fault current limiter [J]. IET Generation, Transmission & Distribution, 2018, 12(22): 5968-5974.
- Steurer M, Frohlich K. The impact of inrush currents on the mechanical stress of high voltage power transformer coils [J]. IEEE Transactions on power delivery, 2002, 17(1): 155-160.
- Gockenbach Ernst, Stayseshmeh Alireza, Borsi Hossein, "Multi Channel On-Line Monitoring System for Power Transformers", International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, Tokyo, Japan, September 2010.
- Rahman S, Dey S K, Bhawmick B K, et al. Design and implementation of real time transformer health monitoring system using GSM technology[C]/2017 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE). IEEE, 2017: 258-261.
- Chow J, Lee R, Wong E, et al. Novel engineering techniques to overcome traditional challenges in online condition monitoring systems for power transformer[J]. HKIE Transactions, 2018, 25(4): 248-254.
- Electra. "An International Survey on Failures in Large Power Transformers in Service", Final report of CIGRE Working Group 05, No. 88, May 1983.
- Wang M, Vandemaar A J and Srivastava K D, "Review of Condition Assessment of Power Transformer in Service", IEEE Electrical Insulation magazine, Vol: 18, No.6, pp 12-15, Nov-Dec 2002.
- H. Bartley P E, William, "Analysis of Transformer Failures", International Association of Engineering Insurers 36th Annual Conference - Stockholm, 2003.
- Bagheri M, Naderi M S, Blackburn T, et al. Frequency response analysis and short-circuit impedance measurement in detection of winding deformation within power transformers [J]. IEEE Electrical Insulation Magazine, 2013, 29(3): 33-40.
- Vahedi A, Behjat V. Online monitoring of power transformers for detection of internal winding short circuit faults using negative sequence analysis [J]. European Transactions on Electrical Power, 2011, 21(1): 196-211.
- Zou L, Guo Y, Liu H, et al. A method of abnormal states detection based on adaptive extraction of transformer vibro-acoustic signals [J]. Energies, 2017, 10(12): 2076.
- Secic A, Krpan M, Kuzle I. Vibro-acoustic methods in the condition assessment of power transformers: a survey [J]. IEEE access, 2019, 7: 83915-83931.
- Khanali M, Hayati-Soloot A, Hoidalén H K, et al. Study on locating transformer internal faults using sweep frequency response analysis [J]. Electric Power Systems Research, 2017, 145: 55-62.
- Senobari R K, Sadeh J, Borsi H. Frequency response analysis (FRA) of transformers as a tool for fault detection and location: A review [J]. Electric Power Systems Research, 2018, 155: 172-183.
- Dai J, Song H, Sheng G, et al. Dissolved gas analysis of insulating oil for power transformer fault diagnosis with deep belief network [J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2017, 24(5): 2828-2835.
- Faiz J, Soleimani M. Assessment of computational intelligence and conventional dissolved gas analysis methods for transformer fault diagnosis [J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2018, 25(5): 1798-1806.
-
-
-

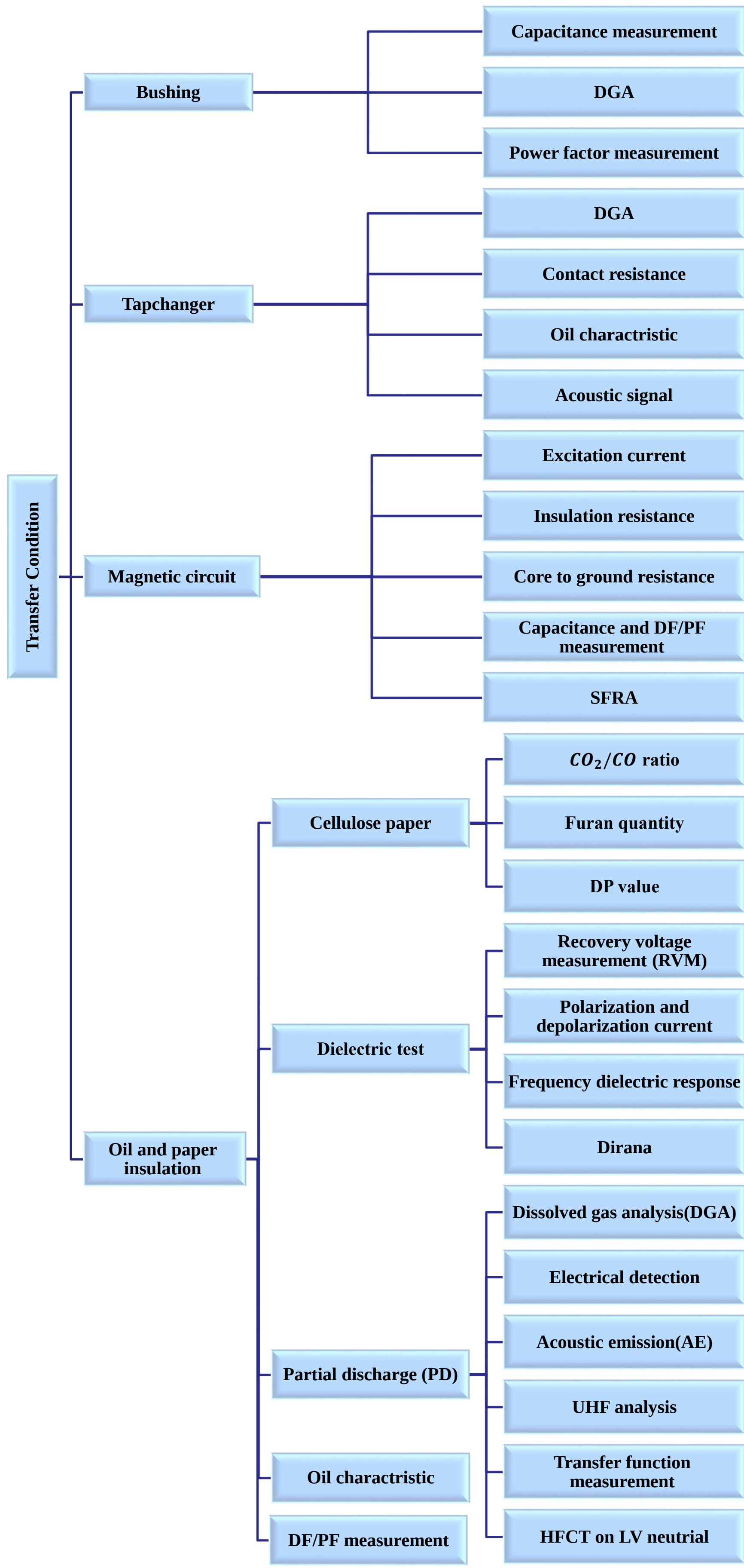
عنوان بخش‌های مختلف مقاله

۱. مقدمه
۲. پارامترهای ضروری و قابل پایش ترانسفورماتور قدرت
۳. روش‌های تشخیص عیوب و پایش وضعیت ترانسفورماتور
- ۳-۱. آنالیز گاز محلول (DGA)
- ۳-۲. آزمایش کیفیت روغن
- ۳-۳. تست ترموگرافی مادون قرمز
- ۳-۴. آزمایش جریان تحریک
- ۳-۵. تست ضربه توان-ضربه تلفات دی‌الکتریک
- ۳-۶. اندازه‌گیری شاخص دوقطبی (پولاریزاسیون)
- ۳-۷. اندازه‌گیری ظرفیت خازنی
- ۳-۸. اندازه‌گیری تابع انتقال
- ۳-۹. پایش تپ چنجر
- ۳-۱۰. تست‌های عایق کاغذ سلولزی
- ۳-۱۱. آنالیز پاسخ دی‌الکتریک
- ۳-۱۲. آنالیز تخلیه جزئی
- ۳-۱۳. اندازه‌گیری راکتانس ناشی یا امپدانس اتصال کوتاه
- ۳-۱۴. تست نسبت پیچ خوردگی‌ها
- ۳-۱۵. تست مقاومت سیم پیچ
- ۳-۱۶. تست مقاومت هسته به زمین
- ۳-۱۷. آنالیز پاسخ فرکانس رفت و برگشتی
۴. مقایسه تکنیک‌ها
۵. جمع‌بندی

روش‌های تشخیص عیوب و پایش وضعیت ترانسفورماتور

در [۲۱] روش‌های گوناگونی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است که در شکل (۱) جمع‌بندی کلی روش‌های پایش وضعیت برای پارامترها و بخش‌های مختلف ترانسفورماتور به صورت نمودار درختی ارائه شده است.

شکل (۱): نمودار درختی روش‌های پایش وضعیت برای پارامترها و بخش‌های مختلف ترانسفورماتور



درصد خطاهای ترانسفورماتور از دیدگاه CIGRE

بر اساس بررسی‌های انجام شده توسط شورای بین‌المللی سیستم‌های الکتریکی بزرگ **CIGRE** برای تعیین منشأهای اصلی بروز عیوب در ترانسفورماتورها، بخش‌هایی که بیشترین میزان عیوب در آن‌ها رخ می‌دهد، به صورت جدول (۱) تعیین شده است [۵].

جدول (۱): درصد خطا در ترانسفورماتورهای قدرت از دیدگاه CIGRE

قسمت	تأثیر در خرابی (درصد)
تپ چنجر	۴۰
هسته و سیم پیچ	۳۵
بوشینگ و ترمینال	۱۴
مخزن روغن	۶
سایر عیوب	۵

پارامترهای قابل پایش ترانسفورماتور قدرت مطابق استاندارد IEEE

مطابق استاندارد **IEEE** پارامترهای قابل پایش در ترانسفورماتور قدرت، شامل:

سیم‌پیچ‌ها: در این بخش پارامترهایی نظیر مقاومت اهمی، نسبت تبدیل، پلاریته، جریان تحریک و جریان بی‌باری، امپدانس اتصال کوتاه، مقاومت عایقی، ظرفیت خازنی، ضربه قدرت و مورد پایش قرار می‌گیرند.

بوشینگ‌ها: پارامترهایی مثل ظرفیت خازنی، تلفات دی‌الکتریک، سطح روغن، ضربه قدرت و نیاز به بررسی دارند.

هسته و تپ چنجر: بررسی و ارزیابی این دو قسمت بسیار ضروری است. بررسی خالص بودن جنس هسته پارامتر مهمی است که توسط آزمایش‌هایی قابل بررسی می‌باشد.

روغن عایق: آب موجود در روغن، گازهای محلول، قدرت عایقی، کشش بین‌سطحی، اسیدیته، رنگ، پایداری و ...
تانک و تجهیزات جانبی: کنسرواتور، سیستم هوای خنثی، گیج‌ها، سیستم خنک کننده (رادیاتورها، فن‌ها و پمپ‌ها) و ...