

TRANSFORMATOR DOLAĞINDA DEFFEKTLƏRİN YERİNİN TƏYİN EDİLMƏSİ ÜÇÜN YENİ ÜSULLARIN ANALİZİ

Heydarov Ruhi Sabir
h.ruhi021@gmail.com

Xülasə: Təqdim edilən bu məqalədə transformator dolağında deffektlərin təyin edilməsi üsullarına baxılır. Bunlar, müasir və çox istifadə olunan Tezlik Cavab Analizi metodudu (FRA), Aşağı İmpuls Gərginlik metodu (LVIM), Zəif Tezlikli Cavab Analizi metodudur (SFRA). Məqalədə, Yüksək amplitudalı səs siqnalından istifadə olunan yeni üsul da analiz edilib. Test proqramları MATLAB alqoritm dilində proqramlaşdırılması göstərilib. Nəzəri olaraq, yüksək amplitudalı səs siqnalı metodu daha yaxşı qiymətləndirməni təmin etməsi vurğulanır. Bu metodların funksionallığı və performansını real sınaq ölçmələrinin həyata keçirilməsi ilə təsdiqlənir. Yuxarıda göstərilən üsulların tətbiqi yüksək amplitudalı səs siqnalı metodu ilə müqayisə edilir.

Açar sözlər: Güc transformatorunun diaqnostikası, transformator dolağındakı deffektlər, tezlik cavab analizi, yüksək amplitudalı səs siqnalı.

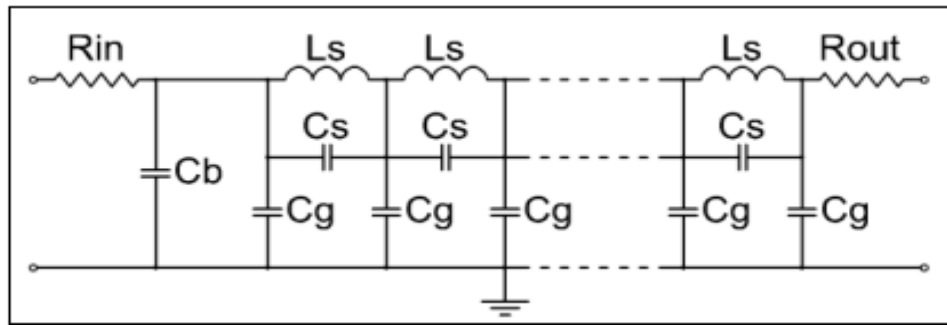
Giriş : Güc transformatoru elektrik şəbəkələrinin ən vacib elementlərdən biridir və sayı adətən çox olur, beləki, elektrik şəbəkələrində quraşdırılan transformatorların sayı orada olan generatorların sayından 5 dəfə və ya daha çox olur. Tranformatorlarda hər hansı bir qüsür yaranarsa gec-tez bu onun sıradan çıxmasına gətirib çıxarır və əksər hallarda bu böyük sistem qəzalarına səbəb olur, ki, bu da öz növbəsində böyük iqtisadi itkilər yaradır. Bu qəza, adətən, elektrik şəbəkəsinin qismən açılması ilə nəticələnir. Aydın məsələdir ki, iqtisadi itkilər ötürülən elektrik enerjisinin artması ilə artır. Yüksək gərginlik və güc transformatorlarının etibarlılığının və işləmə qabiliyyətinin yüksək səviyyədə saxlanması vacib məsələdir. Buun üçün, yaranan qüsurun vaxdında aşkarlanması təmin edilməlidir. Hazırda bu sahədə yeni diaqnostik metodların yaranmasının əhəmiyyətinin artırılması zərurəti ortaya çıxır. Tranformator dolağındakı deffektlər adətən, onun izolyasiyasının köhnəlməsi nəticəsində yaranır ki, bu da qaçılmaz bir faktordur. İzolyasiyanın köhnəlməsi isə, dolağa təsir edən qısaqapanma, transformatorun artıq yüklənməsi və ona ifrat gərginliklərin təsiri (bu təsirlər kumulyativ effekt daşıyır) nəticəsində baş verir. Dolağın faktiki vəziyyətinin düzgün müəyyən edilməsi problemlə məsələdir. Transformator dolağının vəziyyətinin düzgün təyin edilməsi yalnız

transformatorun dövrədən açılması ilə aşkar etmək mümkündür. Bu halda, transformator dolağının vəziyyətinin müəyyən edilməsi üçün müxtəlif diaqnostik üsullar istifadə olunur. Hal-hazırda transformator dolağının diaqnostikası üçün tezlik metodları daha çox istifadə olunan üsullardır.

Tezlik üsulları dolaqların elektrik zədələnmələrindən başqa mexasniki deformasiyalarını, dolaqların uzununa izolyasiyasının qismən qısa qapanmasını və ya maqnit sistemə olan əsas təbələrinin pozulmasını aşkar edir. Mümkün Dolaqda olan mümkün defektlər yuxarıda qeyd olunan diaqnostik metodlarla kifayət qədər dəqiqliklə aşkar edilir. Bu metodlar aşağıdakılardır[1,2].

1. Tezlik cavab analizi (FRA)

Bu metod şəkl.1 – də verilmiş sxemə əsasən aparılır. Tezlik cavab analizi metodu tranfosrmatorların özünə məxsus tezliyinin müxtəlif reaksiyalara malik olmasına əsaslanır. [3]



Şəkil 1. Transformator dolağının sadə ekvivalent əvəz sxemi;

R_{in} - giriş müqaviməti, R_{out} – çıxış müqaviməti, L_s –İnduktiv müqavimət, C_s – uzununa tutum müqaviməti, C_g – dolaqla nüvə və transformatorun çəni arasındakı tutum müqaviməti, C_b – keçid tutum müqaviməti.

Bütün tezlik metodları transformatorların giriş dolağına verilən gərinliyə əsasən təyin olunur. Cavab siqnalı eyni zamanda transformator dolağının çıxış terminalında ölçülür. Ölçmə siqnalı sargıdakı hərəkəti ilə zəifləyir və buna səbəb əsas passiv komponentlərin təsiridir (müqavimət, kondensator və induktivlik). Buna görə də ölçülmüş siqnal zamanla dəyişir. Dəyişən siqnalların zəifləməsinin (desibellə) tezlik ilə əlaqəsi aşağıdakı ifadədə verilir:

$$H(j\omega) = 20 \log \left(\frac{U_{in}(j\omega)}{U_{out}(j\omega)} \right) \quad (1)$$

Burada, U_{in} - sınaq olunan transformator dolağının giriş gərginliyi, U_{out} – isə çıxış gərginliyidir. Zəifləmə adətən tezlikdən asılı olaraq dəyişir. Passiv ekvivalent dövrədə komponentlər dəyişdirildikdə nasazlıq baş verir. Dolağın tezliyə cavabı da fərqli olur.

Diaqnostikanın düzgün olması köhnə və yeni tezlik xarakteristikalarını müqayisə etməklə yolanılır. Dəqiq ölçmənin aparılması üçün ətraf mühit amilləri də nəzərə alınmalıdır. Ətraf mühit amilləri dedikdə transformatorun nüvəsinin maqnitləşmə dərəcəsi, kabelin ölçüsü, açarın aşırı vəziyyəti, transformator yağının istiliyi, transformator dolağının qısa qapanmış və ya açıq olması və neytralinin torpaqlanması nəzərdə tutulur. Bu şərtlər qiymətləndirmə zamanı nəzərə alınmalıdır. Ölçmənin keyfiyyətli və dəqiq olması üçün ölçmələrin sayını artırmaq lazımdır. Lakin bir sıra ölçmələr zamanla məhdudlaşır. Bu səbəbdən də bəzi güzəştli şərtlər tapmaq lazımdır [4].

Əgər istinad ediləcək ölçmə mövcud deyilsə, o zaman ölçmənin qiymətləndirilməsi oxşar transformatorlarla müqayisə və ya sadəcə müqayisə transformatorun dolaqlar arasında həyata keçirilir. Kiçik qeyri-dəqiqliklər bu hallarda qiymətləndirmə zamanı nəzərə alınmamalıdır. Xarici dolağın tezlik xüsusiyyətləri mərkəzi dolaqdan fərqli olaraq üçüncü dolaqla eyni olur. Maqnit dövrəsindəki dolağın mövqeyi asimmetriyadan asılıdır [3 – 5].

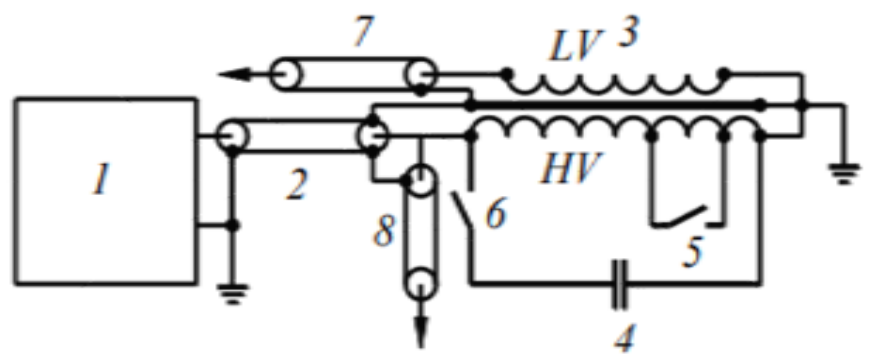
Tezliyə cavab üsullarının əsas problemi yekun şərhin subyektivliyi. Dəqiq ölçmələrin aparılması və mümkün olan səhvlərin tapılması üçün təcrübəli mütəxəssislər tələb olunur. Bu da əlavə xərclərin yaranmasına gətirib çıxarır [6].

Aşağı İmpuls Gərginlik Metodu (LVIM)

Aşağı impuls gərginlik metodu və bu metod uzun müddətdir ki, istifadə olunur. Çox sayda təcrübələr və praktiki aspektlər bu metoda əsaslanır [7].

Bu metodun əsas prinsipi aşağıdakı kimi təsvir edilir. Yüksək gərginlik impulsu transformatorunun giriş terminalına tətbiq edilir və cavab çıxış terminallarında ölçülür. Ölçülmüş siqnalların pozulma və səs-küydən təmizlənməsi üçün, onlar filtrlərdən keçirilir. Sonra filtirlənmiş siqnallar Fast Furier Transform (FFT) ilə tezlik sahəsinə çevrilir. Nəticələr iki yolla təsvir olunur. Birinci yol tezliyin asılılığını qrafik üsulla tərtib etməkdir. Digər yol isə, zəifləmənin tezlikdən asılılığının qrafiki göstərilməsidir.

Transformator dolağının vəziyyətinin impuls metodu ilə yoxlanması aşağıdakı sxemə əsasən aparılır.



Təcrübənin elektrik sxemi: 1 – zondlama generatoru impulsu, 2 – birləşdirici koaksial kabel 75 Ohm müqavimət, 3 – diaqnostik transformator(HV - yüksək gərginlik, LV - aşağı gərginlik), 4 - zond impulsunun ön hissəsini dəyişdirmək üçün kondensator,5 – döngələrin qısaqapanması, 6 – kondensatorun qoşulması üçün açar 2; 7, 8 - osiloskopa qoşulmaq üçün zondlar.

Nəticələr giriş impulsunun formasından asılı deyil. İmpuls forması yalnız tezlik ölçü diapazonuna təsir göstərir. Aşağı impuls gərginlikli metodunda ölçülmə çox sürətlidir. Bunlar bu usulun, yəni LVİM-in üstünlükləridir. Mənfi cəhətləri isə nisbətən aşağı həssaslığı, tezlik həddi (1 MHz-dən aşağı) və mürəkkəb riyazi əməliyyatın olmasıdır. Bundan əlavə, bu metod Zəif Tezlikli Cavab Analizi (SFRA) ilə müqayisədə qeyri-dəqiqliyi çoxdur [4,5,7].

Zəif Tezlikli Cavab Analizi (SFRA) metodu

Hal-hazırda, bu metodlardan ən çox istifadə olunan Zəif Tezlikli Cavab Analizi (SFRA) metodudur. Səbəb, tezliyin birbaşa ölçülməsidir.

Bu metodun mahiyyəti fərdi nöqtələr üçün harmonik gərginlik siqnallarının müəyyən tezlik xüsusiyyətlərinin ardıcıl olaraq müəyyən edilməsindən ibarətdir. Siqnallar ardıcıl olaraq transformator dolağının giriş terminallarına tətbiq edilir. Cavab siqnalları dolağın çıxış terminallarında ölçülür. Dəyişməyən qiymətli giriş siqnallarının tezliyi isə istənilən tezlik aralığında seçilmiş addımda dəyişdirilir. Dəyişən siqnalın amplitudu və faza sürüşməsi transformator dolağının çıxış terminalında ölçülür.

Kvantlaşdırma xətasının artması və harmonikanın amplitudası ilə əlaqəli problemlər bu metodun üstünlükləridir. Bu səbəbdən, ölçmələr daha dəqiq və həssas olmalıdır. Nəzəri olaraq, tezlik diapazonu qeyri-məhduddur. Praktiki olaraq, isə tezlik diapazonu təxminən 10 MHz-dir. Digər bir üstünlük isə, təcrübədə daha az elementlərin tələb olunmasıdır. SFRA-nın mənfi cəhəti çox vaxt tələb olunmasıdır. Ölçmələr bir çox tezlik

diapazonunda aparılır .Tövsiyyə olununan tezlik diapazonunda maksimum ölçü addımı 2% təşkil edir. Tezlik xarakteristikasında, tezlik diapozonu 1 kHz-dən 10 MHz-ə qədər dəyişməsi təxminən 10 dəq çəkir [4 – 6 , 8 – 9].

Tezliyə Cavab Analizi metodunun Yüksək Ampitudalı Səs siqnalından istifadə edərək təhlil.

Yüksək Ampitudalı Səs siqnalı müxtəlif tezlikli harmonik qanunla dəyişən sinusoidal siqnalıdır. Tezlik, xətti, kvadratik, ekisponensial, loqarifmik və başqa formada dəyişən, əvvəlcədən təyin edilmiş funksiyadır. Yüksək Ampitudalı Səs siqnalı riyazi formada aşağıdakı kimi göstərilir.

$$x(t) = A \cdot \sin[2 \cdot \pi \cdot f(t) \cdot t] \quad (2)$$

Burada A-siqnalın ampitudası, t-zaman və $f(t)$ -isə zamandan asılı olan tezlikdir. Zamanla əlaqəli olan tezliklər riyazi formada aşağıdakı kimi verilir.

- xətti asılılıq:

$$f(t) = f_0 + \frac{f_m - f_0}{T_{ch}} \cdot t \quad (3)$$

- kvadratik asılılıq:

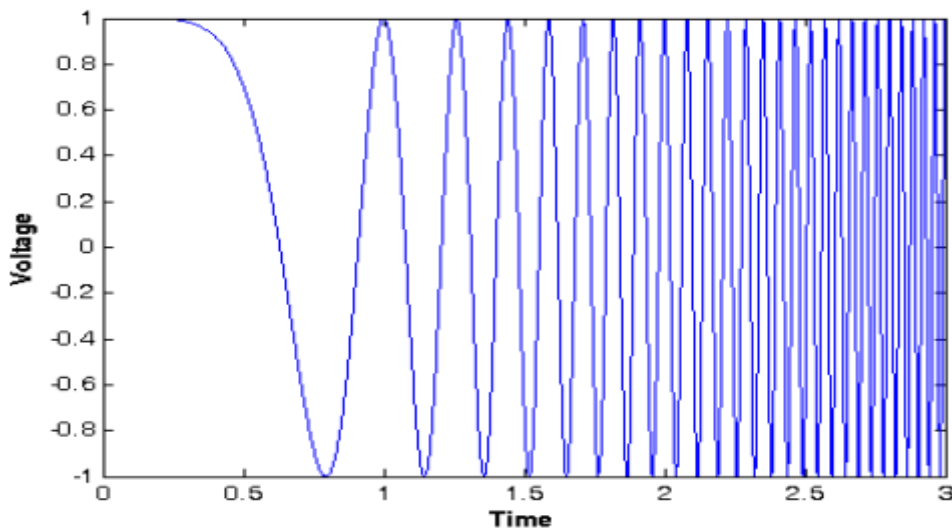
$$f(t) = f_0 + \frac{f_m - f_0}{T_{ch}^2} \cdot t^2 \quad (4)$$

- ekisponensial asılılıq:

$$f(t) = f_0 \cdot [f_m - f_0]^{\left(\frac{t}{T_{ck}}\right)} \quad (5)$$

- loqarifm asılılığı:

$$f(t) = f_0 + 10 \left[\left(\frac{f_m}{f_0} \right)^{\left(\frac{t}{T_{ck}} \right)} \right] \quad (6)$$



Şəkil 2. Tezliyin kvadratik dəyişməsində Yüksək Amplitudalı Səs siqnalının nümunəsi

Yuxarıda göstərilən əlaqələrə ilkin tezlik f_0 , son tezlik f_m , Yüksək Amplitudalı Səs siqnalının periodu T_{ch} (tezliyin zamandan asılı olaraq dəyişməsi f_0 -dan f_m -ə kimidir) və t vaxtı daxildir. Tezliyin kvadratik dəyişməsində Yüksək Amplitudalı Səs siqnalının nümunəsi şəkl. 2-də göstərilmişdir.

Nəticə: Tədqiq edilmiş diaqnostik üsullardan Yüksək Amplitudalı Səs siqnalı üsulundan istifadə edilir. Yüksək Amplitudalı Səs siqnalı çox sürətli, sadə və həssasdır. Bu xassələr mövcud tezlik metodları ilə müqayisədə onun üstünlüyüdür. Lakin, onun da bəzi məhdudiyyətləri var. Keyfiyyətli nəticə üçün yüksək güclü gücləndiricidən istifadə etmək lazımdır. Ölçmələrə elektromaqnit dəyişmələr çox təsir edir. Ölçülmüş siqnalların səs-küydən filtirlənməsi mürəkkəbdir. Digər tezlik metodlarının təhlili üsulları kimi, burada da təcrübi qiymətləndirmələr tələb olunur.

Ölçmələrdən bəzi vacib parametrlər Yüksək Amplitudalı Səs siqnalı vasitəsi ilə aşkar edilir. Nümunənin alınması üçün tezlik ən azı 5 MHz olmalıdır. Yüksək Amplitudalı Səs siqnalının periodu təxminən maksimum 1 ms olmalıdır. Yüksək Amplitudalı Səs siqnalının forması əhəmiyyətli deyil.

Ölçmə sisteminin bəzi komponentləri bu diaqnostik sistemin tələblərinə uyğun olmalıdır. Keyfiyyətli və həssas ölçmələr aparmaq üçün kifayət qədər güclü və sabit sınaq gərginlik mənbəyi olmalıdır. Eyni stabil osiloskop zondlarına ehtiyac var. Maksimal elektromaqnit pozuntusunun məhdudlaşdırılması üçün ölçmələrin sayı mümkün qədər çox olmalıdır. Sürətli ölçmələr üçün yaxşı ölçmə cihazları tələb olunur.

Bu üsul gələcək araşdırma üçün əlverişlidir[10].

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. JEZIERSKI, Eugeniusz. Transformatory: Teoretické základy. Praha: Československá akademie věd, 1973. 652 p.
2. PETROV, G. N. Elektrické stroje 1: Úvod - Transformatory. Praha: Academia, 1980. 388 p.
3. DICK, E.P.; ERVEN, C.C. Transformer Diagnostic Testing by Frequency Response Analysis. In IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, p 2144 – 2153, IEEE Power & Energy Society, Nov 1978.

4. CIGRE Standard WG A2.26. Mechanical-Condition Assessment of Transformer Windings Using Frequency Response Analysis (FRA). P. Picher. CIGRE, 2008. , 60 p.

5. PROCHÁZKA, Radek. Diagnostika poruch vinutí výkonových transformátorů. Praha, 2006. 78 p. Doctoral thesis. Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University in Prague.

6. SINGH, Jashandeep, et al. Novel method for detection of transformer winding faults using Sweep Frequency Response Analysis. In Power Engineering Society General Meeting 2007, pp. 1 – 9, IEEE Power & Energy Society, June 2007. Fig. 9. Frequency response analyses characteristics with various type of chirp signal (frequency range 1 to 300 kHz) Fig. 10. Frequency response analyses characteristics with various type of chirp signal (frequency range 300 to 1000 kHz)

7. DROBYSHEVSKI, Alexandr A. Assessment of Transformer Winding Mechanical Condition by Low-Voltage Impulse Method. In Power Tech Conference Proceedings, 2003 IEEE Bologna, on p. 6 pp., IEEE Power & Energy Society, June 2003.

8. HANIQUE, E.; VAESSEN, P.T.M. A new frequency response analysis method for power transformers. In IEEE Transactions on Power Delivery, pp. 384 – 391, IEEE Power & Energy Society, Jan 1992.

9. KRAETGE, A., et al. Aspects of the Practical Application of Sweep Frequency Response Analysis (SFRA) on Power Transformers. 6'th Southern Africa Regional Conference CIGRE, 2009.

10. KNĚNICKÝ, Martin. Detekce poruch vinutí transformátorů. Praha, 2011. 47 p. Bachelor thesis. Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University in Prague

ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

С.Э.ГУЛИЕВ
E-mail: soltan.2000@mail.ru

Аннотация: Энергетика в настоящее время является важной частью экономического прогресса. От энергетики зависит благополучия миллиардов