

Transformatörlerdeki İç Deşarjların Lokalizasyonuna Ait Yeni Mefod ^{rî}

Yazanlar :
A. VEVERKA
A. HOBN

Çeviren :
Tahsin ABMAY
Tiler Bankası

ÖZET :

Transformatör sargıları izolasyonu içinde meydana gelen deşarjların yerini lokalize etmeye yarayan bu metod, iki ucu sen ve müşterek kondansatör noktası toprağa bağlanmış transformatörün sargısında bir deşarj vasıtasıyla meydana getirilen osilasyonların kullanılması esasına dayanmaktadır.

Deşarj noktasının her iki tarafında bulunan iki bobin parçasındaki sargı adedlerinin oranı, bobinlerin uçlarına seri bağlı kondansatör kapasitelerinin ters oranına eşit olduğu teorik olarak bilinmektedir. (Eke bakılması).

Bu metod, iki tip sargı üzerinde ayrı ayrı tahkik edilmiştir.

I. Metodun Prensibi :

Elektrik makinelerinin izolasyon oyuğu için de meydana gelen deşarjların miktar bakımından nasıl değerlendirildiği ve kullanılan metodlar hakkında teknik literatürde detaylı bilgiler bulunmaktadır. Bununla beraber, bu deşarjların lokalize edilmesi de bunların değerlendirilmesi kadar önemlidir.

Bu makalede, transformatörlerin sargı izolasyon oyuğunda meydana gelen elektrik deşarjlarını lokalize etmek maksadıyla, bir köprü montajının kullanılış şekli ve alternatif bir gerilimin tatbik edilmesiyle nasıl bir sonuca varılacağı hususu açıklanacaktır.

Bu metodun prensip şeması şekil (1) de gösterilmiştir. Kapalı demir çekirdek (Noyau) üzerine sarılmış, tek sıra sargılı bir bobinin uçları C_j ve C_2 kondansatörleri ile demir çekirdeğe seri bağlanmış olsun. Bobin ve çekirdek arasındaki kapasitenin değeri ile C_j ve C_2 kapasiteleri aynı mertebede olup, kapasitelerden biri değiştirilebilmektedir. Bobin üzerindeki yardımcı bir noktayı, seri halinde küçük bir kapasite ile bir eklatörün elektrodlarından birine bağlayalım, ikinci elektrod seri bağlanmış küçük bir kapasite ile demir çekirdeğe bağlanmış olsun. •

Eklatörün elektrodlarından "biri" ile çekirdek arasında alternatif gerilim tatbik edilerek elektrodur arasında yeter seviyede bir deşarj meydana getirilir. Bu, deşarjlar bobin izolasyonuna şekilde görüldüğü gibi ulaşır..

Eklatöre bağlı bobinin yardımcı noktasının her iki tarafındaki bobin parçalarındaki sargılar sıra ile: N_j ve N_2 olsun. Burada, iki bobin

parçası ile C^1 ve C_2 kondansatörlerinin bir köprü devresine ait kolların teşkil ettiği kolayca görülebilir.

Köprü kollarının balans göstericisi olarak kullanılan katodik osilograf, köprünün kolları arasında bağlanmıştır.

Eklatörün elektrodları arasında bir deşarj olması, osilograf ekranında geçici bir olay olarak görünecektir.

Başlangıçta geçici olay, hızlı osilasyonlar halinde görülür. Bu osilasyonlar bobin parçalarının sargı adedlerine ve bunlarla seri bağlı kapasitelere göre değişmektedir. Deneyler göstermiştir ki, N_j/C_j ve N_2/C_2 devrelerinde yavaş osilasyonun dahi olmaması için $N_j/N_2 = C_2/C_1$ şartının sağlanması kâfi gelmektedir.

Bu taktirde, osilograf ekranı üzerinde hiçbir yavaş osilasyon dahi görülmez. Bu sonuca göre, deşarjların lokalizasyonu için köprünün denge halini kullanmanın mümkün olduğu görülür.

Bu müşahedenin detaylı teorik nedenleri ekte açıklanmıştır. 166 mm. çapında trifaze bir transformatörün çekirdeğinin orta bacağı üzerine tek sıra halinde sarılmış, iki bobinden müteşekkil bir sargı üzerinde ilk defa şekil (1) de gösterilen prensip şemasının fonksiyonu tahkik edilmiştir.

İç bobinin çapı 180 mm., dış bobinin çapı 225 mm., her iki bobin de 0,25 mm. çapında emaye bakır iletken sargılardan teşekkül etmekte ve her birinde 490 mm. uzunluğunda 1700 adet sargı bulunmakta idi.

109 Nolu CtGRE raporundan çevrilmiştir.

Herbiri 70 pF. olan iki kondansatöre seri bağlı sivri uçlu bir eklatör vasıtasıyla bir deşarj meydana getirilmesiyle izolasyon içinde gerekli deşarj sağlanmıştır.

ŞekiJ (2) de görüldüğü gibi bobin prizi ile çerdek arasındaki bağlantı yapılmıştır. Başlangıçtaki deşarjları sağlamak için bobine tatbik edilen gerilimin etkin değeri takriben 500 volt kadardı.

Tablo (1), bobinin muhtelif prizleri için köprünün dengesine lüzumlu kapasiteleri vermektedir (dış bobinle bağlantı yapılmamıştır).

ikinci defa yapılacak ölçüler için, iki bobin şekilde noktalı olarak gösterildiği gibi seri bağlanmış bulunmakta idi. (C_2 kondansatörü ile osilograf aleti 20 ucuna bağlanmıştı.)

Muhtelif prizler için köprü yeniden dengelenmekte idi. Tablo (1) de köprünün dengesi için lüzumlu kapasiteler de verilmektedir.

N,

Şekil : 1 — Bir transformatörün izolasyon oyuğu içindeki deşarjların lokalizasyonu için kullanılan prensip şeması.

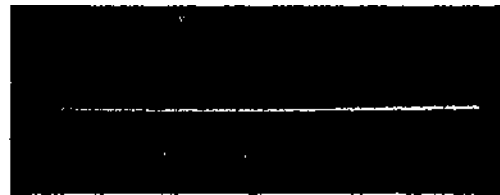
TABLO (1)

Bobinajın bağlantısı	Eklatörün bağlı olduğu priz No. su	N,	N_2	N_1/N_2	C_1 (pF)	C_2 (pF)	c_2/c_1
Yalnız	2	310	1360	0,25	2070	500	0,24
İS	4	680	1020	0,67	750	500	0,67
Sargılar	6	1020	680	1,50	340	500	1,47
Ctl bobin	4	680	2720	0,25	2120	500	0,24
seri olarak bağh	6	1020	2380	0,43	1150	500	0,43
	8	1360	2040	0,67	730	500	0,68
	10	1700	1700	1,00	435	500	1,15

iç fiobin, her 170 sargıda bir dışarı çıkarılmış bir ucu (prizi) ihtiva etmekte ve bu uçlar da 0,1,2,.....,10 şeklinde numaralanmış bulunmakta idi. Böyle bir devrenin şeması şekil (2) de gösterilmiştir. Köprü üzerinde kullanılmış kapasitelerden biri 100 ilâ 2000 pF (piko farad) arasında değişebilir bir kondansatörle diğeri $C_2 = 500$ pF. lık sabit bir kondansatörden ibarettir.

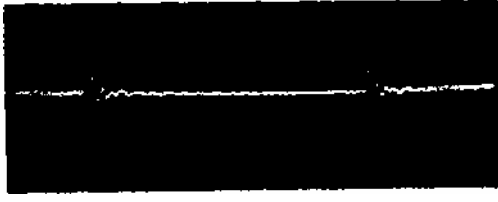
Tablo (1)'in tetkikinden görüleceği üzere, prensip şeması bir bobin için çok iyi netice verdiği taktirde, seri bağlı iki bobin için de çok iyi sonuçlar vermektedir. Bu şema devresi yüksek gerilim trafolarının deneyi için müşkülatsız olarak kullanılabilir.

(3) ve (4) No la şekiller, (2) Nolu priz üzerinde dengelenmiş veya dengelenmemiş haller için elde edilmiş osilogramları göstermektedir.



Şekil • 2 — Bir transformatörün izolasyonu içinde ki deşarjların lokalizasyonu için kullanılan prensip şemasının kontrol devresi.

Şekil : 3 — Tatbik edilen gerilimin bir periyodu esnasında şekil 2'deki devrenin dengelenmiş haline göre osilogramını göstermektedir (Deşarj 2 nolu prizden yapılmıştır).



4 — Şekil 2'de gösterilen devrenin dengelenmiş haline göre elde edilmiş osilogramı göstermektedir. (Deşarj 2 nolu orta priz üzerinden yapılmıştır)

U. Metodun transformatörlere uygulanması:

Bu metod, çevresi 166 mm. olan trifaze bir transformatör orta bacağa üzerine sarılmış 20 bobinden müteşekkil sargıları ihtiva eden bir transformatörde tahkik edilmiştir.

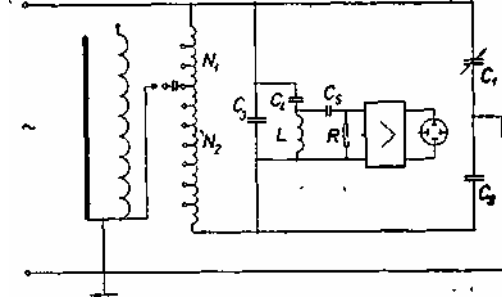
Her bobinin iç çapı 212 mm., dış çapı 254 mm., yüksekliği 10 mm. Her bobin 0,8 mm. çapında emaye telden 200 sargıyı ihtiva etmekte idi. Yanyana bobinler arasında 7 mm. kadar aralık mesafesi bulunmaktaydı. Sargıların uzunluğuna boyu 333 mm. idi. Ara prizler bütün sargılarda birbirine bağlanmıştı. Bu bobinajın içinde, seri bağlanmış sargıları ihtiva eden iki bobinden müteşekkil diğer bir sargı sistemi bulunmaktaydı. Bu iki bobinden her biri 1,5x4,5 mm. ölçüsünde yassı iletkenden 68 sargıyı ihtiva ediyordu.

Bu sargıların iç çapı 188 , ve uzunluğu 350 mm. kadardı.

ölçüyü yapmak için bu iki bobinin bir ucu açık ve diğer ucu demir çekirdeğe bağlanmıştı.

Şekil (5) de söz konusu transformatör devresi şematik olarak görülmektedir. Köprü, tablo (H) de verilmiş C_2 gibi sabit bir kapasiteyi , ve C_1 gibi değişebilir bir kondansatörü ihtiva ediyordu.

10 pF ilk bir kapasite ile seri bağlanmış eklatörde meydana getirilen bir deşarj vasıtasıyla izolasyon oyuğunda sün'i bir deşarj meydana getirilir.



Şekil . S — Bir transformatördeki İç deşarjların lo kalızyonunda kullanılan devre değerleri

$C_3 = 18000$ plkofarad, $C_4 = 4$ mikrofara
 $C_1 = 6000$ pikofarad, $R = 64000$ ohm, $L = 50$ mH.

Sargılara tatbik edilen deşarjları başlatacak gerilimin etkin değeri 500 volt kadardı.

Köprünün denge göstergesindeki hassasiyeti arttırmak ve osilograf ekranı üzerindeki yavaş osilasyonun kayıp olmasını sağlamak maksadıyla şekil (5) üzerinde görüldüğü gibi köprünün çaprazı (diyagonali) üzerine yeni bir devre eklenmiştir.

Kullanılan sabit değerler şeklin altında verilmiştir. Köprünün dengesiz bulunması halinde, C_3 C_4 L devresi uçlarındaki gerilim tesiriyle mümkün olduğu kadar alçak bir frekansla osilasyon sağlanır.

Muhtelif ara priz noktaları için dengelenmiş bir köprünün kapasite değerleri tablo (ü) de verilmiştir. Bu tablonun tetkikinden görüleceği üzere, N_1/N_2 ve C_2/C_1 oranları birbirine çok yakın ve eşit değerlerde bulunmaktadır.

Şekil (6), (5) prizi için dengelenmiş köprünün diyagonali üzerindeki gerilimin bir osilogramını göstermektedir.

TABLO (ü) :

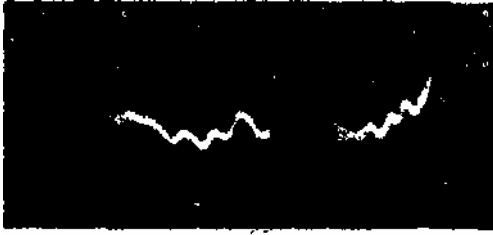
Priz No	Sargı t N _x	iletleri N ₂	1VN ₁	C ₁ (pF)	C ₂ (pF)	0 ₁ /C ₁
1	400	3600	0,11	4700	490	0,104
2	800	3200	0,25	1990	490	0,246
3	1200	2800	0,43	2350	990	0,422
4	1600	2400	0,67	1515	990	0,655
5	2000	2000	1,00	940	990	1,05
6	2400	1600	1,50	1640	2450	1,495
7	2800	1200	2,33	1790	4220	2,36
8	3200	800	4,00	1780	7010	3,98
9	3600	400	9,00	1140	10230	9,00

NOT kalıcı kapasitelere aıt düzeltmeyi önlemek bakımından C₁ ve C₂ kapasiteleri için kesin olarak yüksek değerler seçilir.



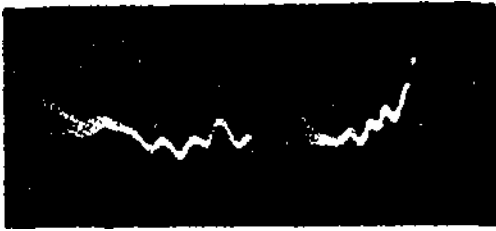
Şekil : 6 — S noiu orta priz için dengelenmiş öir Köprünün diyagonal uçlarındaki gerilimin osilogramı (şekil 5'üeki devre için).

Şekil (7), $C_2 = 990$ pF ve $C_j = 750$ pF olması halinde köprünün dengesiz olması haline ait osilogramı göstermektedir.



Şekil : 7 — $C_j = 750$ pikofarad, $C_2 = 990$ pikofarad değerleri için dengelenmemiş köprü ile şekil 6'deki osilogram aldığı şekil.

Şekil (8), $G! = 2040$ pF için şekil (7) gibi dengesiz köprüye ait osilogramı göstermektedir.



Şekil . 8 — $C_j = 2040$ pikofarad, $C_2 = 990$ pikofarad değerleri için dengelenmemiş köprü ile şekil 6'daki osilogram aldığı şekil.

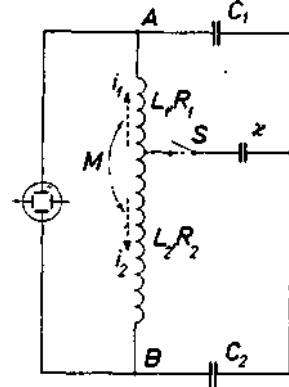
NETİCE :

Eğer sargılarının iki ucuna seri bağlanmış kapasiteler vasıtasıyla toprağa bağlanmış olursa, teorik mütalaa ve deney sonuçları göstermiştir ki, bir transformatör izolasyonu içindeki çukurlarda meydana gelen deşarjların yerlerini tayin için, transformatörün sargılarında serbest deşarjlar vasıtasıyla meydana getirilen yavaş osilasyonların kullanılması ile alternatif yüksek gerilim altında bir deney yapılması mümkündür.

Şekil (1) de gösterilen bir elektrik köprüsünün kullanılması esasına dayanılarak, izolasyon içindeki deşarj yerlerini lokalize etmek yoluna gidilmektedir.

in. Teorik açıklama (EK) :

Faz sargılarından birine tatbik edilmiş alternatif akımla, izolasyon çukurları içindeki deşarjların birbiri üzerine meydana geldiğini göstermek bakımından, gerilimsiz bobinaja şarj edilmiş (x) kapasiteli bir kondansatörün deşarj noktasına bağlanması ile şekil (9) daki gibi deşarj olayını meydana getirelim..



Şekil • 9' — Bir transformatörün izolasyon günâaki $t > 1r$ deşarjın lokalizasyonunu analiz etmeye yarayan eşdeğer devre.

S anahtarının kapatılmasından sonra, şekil (9) üzerindeki gelişmeyi takip edelim. Deşarj noktasının her iki tarafındaki sargı kısımlarına ait elektrik değerleri, sırası ile :

- Lokalize edilmiş endüktanslar L_1 ve L_2
- Lokalize edilmiş dirençleri R_1 ve R_2 ,
- l'e eşit kuplaj kat sayısına göre (kaçaklar ihmal edilerek) karşit endüktansı M ile gösterelim.

Deşarjı takip eden geçici olayda, deneyle tayin edilmiş, oldukça yavaş olan osilasyonların kullanılması prensip! esas alınır. Bu takdirde, aşağıdaki bağıntıları yazabiliriz •

$$M = \sqrt{L_1 L_2} S \text{ anahtarını (D) kapamadan}$$

önce, (x) kondansatörünün (U_0) gerilimi ile şarj edilmiş, olduğunu kabul edelim. Anahtarın kapatılmasından sonra, deşarj noktasının üstünde ve altındaki her iki sargı kısımları için aşağıdaki diferansiyel denklemleri elde ederiz.

$$U_0 = \int_{0^+}^{t} (j - U_1 + i_2) dt = R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + 1/C_1 \int_{0^+}^{t} i_1 dt - M \frac{di_2}{dt} \quad (2)$$

$$U_0 = \int_{0^+}^{t} (i_1 + i_2) dt = R_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + 1/C_2 \int_{0^+}^{t} i_2 dt - M \frac{di_1}{dt} \quad (3)$$

I_1 ve i_2 akımları şekil (9) üzerinde gösterilmiştir.

CAKSON - WAGNER transformasyonu kullanılarak :

$$U_0 - I/p_x \cdot U_0 - I/p_x \quad \text{--- } pMl_2 \quad (4)$$

$$pU.I. + 1/pC, \quad (5)$$

(4) ve (5) denklemlerinden faydalanarak, I_2 'yi I_j 'e göre ifade edebiliriz :

$$R_j + pL_j + 1/pC_j + pM \quad (6)$$

$$R_2 + pL_{2,9} + 1/pC_2 + pM$$

Oslografa bağlanmış A ve B noktaları arasındaki gerilimin sıfıra eşit olması şartını (köprünün dengede olması halini) yazalım: Bu takdirde :

$$V_A = V_B \quad V_A - V_T = V_B - V_T \ll I_1/pC_1 = I_2/pC_2 \dots \dots (7)$$

(6) denkleminde I_2 için bulunan değeri (7) denkleminde yerine koyarsak :

$$R_1 + pL_1 + 1/pC_1 + pM$$

$$R_2 + pL_2 + 1/pC_2 + pM$$

$$C_2/C_1 = \frac{+pC_1 \cdot R_1 + I_1 \cdot C_1}{(L_2 + M)} \dots \dots (8)$$

(1) denklemindeki M değeri (8) denkleminde yerine konursa :

$$I = \dots \dots (9)$$

$$\text{Sıkı kuplaj halinde : } V L_j = k \cdot N_j \quad ; \quad VL^{\wedge} = k \cdot N_2 \dots \dots (10)$$

Diğer taraftan : yazabiliriz. (11)

Burada k ve r miktarları birer sabite ve N_j ve N_j değerleri de alt ve üst sargılardaki sanm sayılarını göstermektedir.

(10) ve (11) denklemlerinden elde edilen değerleri (9) denkleminde yerine koyarsak :

$$p2C_1 k N_1 (k N_1 + k N_2) + pC_j r N_j = p2C_1 k N_2 (k N_1 + k N_2) + pC_2 r N_2$$

Buradan :

$$N_1 C_1 (p^2 k^2 N_1 + p^2 k^2 N_2 + p r) = N_2 C_2 (p^2 k^2 N_1 + \dots \dots (12)$$

$N_1 I_1 = N_2 C_2$ veya $C_1/C_2 = N_2/N_1$ elde edilir.

Deşarj noktasının lokalizasyonu için şekil (9) daki dengelenmiş köprünün kullanılabilceğini (12) denkleminde göstermektedir. Ayrıca, şekil (9) daki dengelenmiş köprüde dolaşan akımları tayin için (7) denklemindeki şartlar yeterli görülmektedir.

Değişik şekilde yazılmış (4) denkleminde :

$$\text{--- } (pM \text{---} \dots \dots (13)$$

I_j/I_i değeri yerine (7) denklemindeki değeri konursa :

$$\text{--- } (pM \text{---} I/p_x) C_2/C_1$$

Ayrıca (1) denkleminde M değerini ve (10) ve (11) denklemlerinden C_2/C_1 değerlerini yerine koyarsak :

$$I_1 = \dots \dots (14)$$

Buradan :

$$U. \dots \dots (14a)$$

$R_j + 1/pC_1 \dots \dots /C_1$ bulunur.

Değiştirilmiş bu son ifade, (x) kondansatörünün devreye sokulmasından sonra, şarj akımının $L_j R_j C$, osilasyonsuz köprü kolu üzerinde dolaştığını gösterir.

Bu sonucun $L_2 R_2 C_2$ köprü kolu için de muteber olduğu, deneylerle tahkik edilmiştir.