

TASARIM

0) Verilenler Ve Başlangıç Değerleri

Büyüklik	Değeri	Açıklama
Nominal Güç	$S_n = S_{2n} = 78 \text{ VA}$	Çıkış gücü nominal güçtür
Primer Gerilimi	$V_{1n} = 220 \text{ V}$	
Sekonder Gerilimi	$V_{2n} = 24 \text{ V}$	
Akı yoğunluğu	$B_m = 1.2 \text{ T}$	M 530-50 A trafo sacı kullanıldığı var sayılmıştır. Kullanılacak sacın kataloğundan seçilir. Doyma noktasından %5-10 küçük seçilmiştir.
Frekans	50 Hz	Frekansın değişme ihtimali varsa, en küçük frekans seçilmelidir.
Regülasyon	Reg=0.02 veya %2	Omik yükte oluşacak gerilim düşümleri değerlendirilerek, hedef olarak öngörülür.
Akım Yoğunluğu	$J = 3 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$	Primer ve sekonderdeki akım yoğunluğu aynı seçilir. Hava soğumalı trafolarla $2 \cdot 10^6$ ile $4 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$ arasında seçilmesi tavsiye edilir. Büyük seçilmesi sıcaklık artışı ile sonuçlanır.
Verim	$\eta = 0.9$ veya %90	Küçük güçlü trafolarla (tüm makinelerde) verim küçüktür.
Şekil faktörü	$K_f = 1.11$	Uygulanacak gerilimin dalga şekli ile ilgilidir. Bu değer sinüsoidal gerilim için 1.11; kare dalga için 1'dir.
Pencere kullanım faktörü	$K_u = 0.3$	Sargılar-makara-yalıtımların sığacağı alan, pencere alanıdır. En fazla 0.7 seçilebilir (bu durumda trafonun soğuması zorlaşır). Yüksek gerilimli trafolarla daha da küçülür (yalıtım malzemeleri kalınlaştığı için). Genellikle 0.3-0.4 iyi bir değerdir. Bu değer ile nominal yükte transformatörün ortam sıcaklığı üzerine yaklaşık 25 °C artış olması ön

		görülmektedir.
Sac paketleme faktörü	$K_s = 0.95$	<p>Saclar üst üste yığıldığında yüzeylerinde yalıtım bulunması nedeniyle net demir miktarı küçük bir yüzde ile azalır.</p> <p>Paketleme faktörü sac üreticiler tarafından verilir (Bu faktör sac kalınlığı inceldikçe küçülür) 0.5mm kalınlığındaki saclar için $K_s=0.95-0.97$ arasında verilmektedir. Bu örnekte 0.95 seçilmiştir.</p>

1) Alanlar Çarpımının Bulunması

Giriş gücü	$S_{1n} = \frac{S_{2n}}{\eta} = \frac{78}{0.9} = 86.6666 VA$	Verim normalde görünür güç üzerinden hesaplanmaz! Bu işlem güç faktörünün 1 olduğu kabulü ile yapılmıştır.
Çıkış gücü	$S_2 = S_{2n} = 78 VA$	Çıkış gücü
Güç aktarma kabiliyeti	$S_t = S_{1n} + S_{2n} = 164.6666 VA$	Sargıların sarılacağı pencere alanına hem primer ve hem de sekonder sığması gerektiğinden, trafo sacının standart ölçülerinin seçilmesi için S_t gücü üzerinden işlem yapılır.
Alanlar çarpımı	$A_p = \frac{S_t}{4 \cdot K_f \cdot K_u \cdot B_m \cdot f \cdot J}$ $= \frac{164.6666}{4 \cdot 1.11 \cdot 0.3 \cdot 1.2 \cdot 50 \cdot (3 \cdot 10^6)}$ $A_p = 1.057 \cdot 10^{-6} m^4$ $A_p = (1.057 \cdot 10^{-6}) \cdot 10^8 = 105.661 cm^4$	Sarımların pencere alanına (A_w) sığmasını ve seçilecek demir kesitinin (A_c) ilgili akıyı üretmesini başta garantilemek için üretilmiş bir katsayıdır. Son yıllarda yaygın

	$A_p = (1.057 \cdot 10^{-6}) \cdot 10^{12} = 1.057 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	<p>kullanılan bir yaklaşımdır.</p> $A_p = A_w \cdot A_c$ <p>Tablodan karşılaştırma kolaylığı için cm^4 ve mm^4 ye dönüştürülmüştür.</p>
--	---	---

2.1) Sacın Seçilmesi

Bu transformatörde TS EN 60740-1'e uygun standart EI lamine saclardan seçim yapılacaktır. Zira buradaki tabloda trafo demir göbek kesitinin kare olması kabulü ile değerler sunulmuştur. Seçilen değer hesaplanmış A_p değerinden uzaklaştıkça göbek kesiti dikdörtgenleşmeye başlar, şekil çok bozuk olmadıkça sorun yoktur. Buradan anlaşılabacağı üzere belirli bir güçte transformatörü farklı saclar ile sarmak mümkündür.

Tablo 1. EI Sac Kataloğu

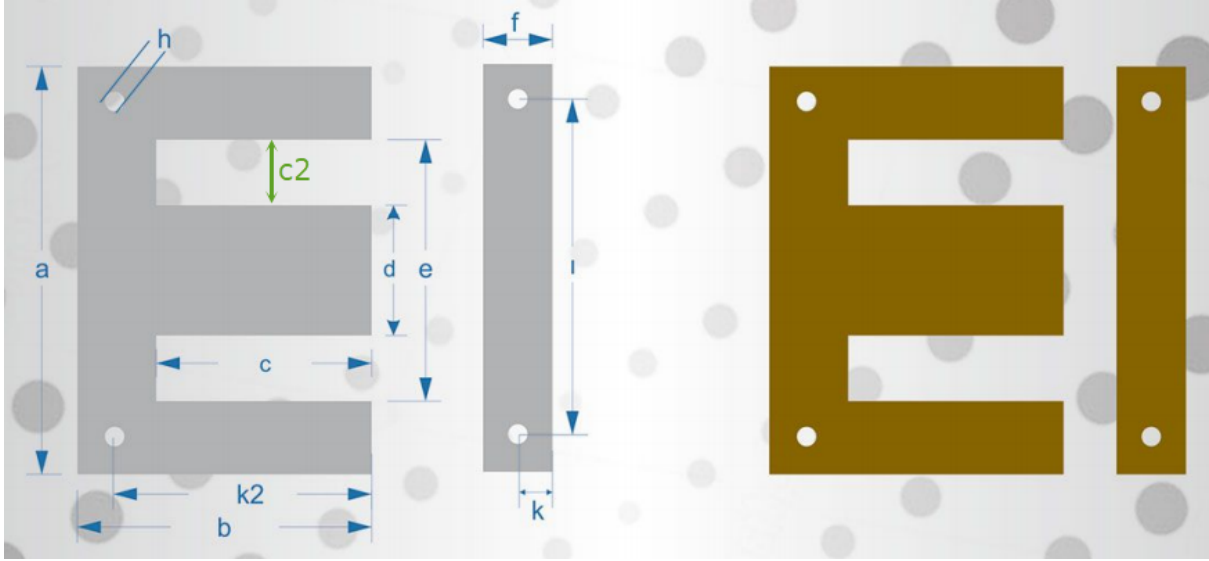
MONOFAZE EI	a	b	c	d	e	F	h	i	Ac	Aw	Ap [mm ⁴]	Ap [cm ⁴]	k1	k2	Kg/1000 - 0,5mm
EI 30	30	20	15	10	20	5			100	75	7500,00	0,75			2,3
EI 32	32	23,5	19	9	23	4,5			81	133	10773,00	1,08			2,3
EI 36	36	24	18	12	24	6			144	108	15552,00	1,56			3,3
EI 38,4	38,4	25,6	19,2	12,8	25,6	6,4			163,84	122,88	20132,66	2,01			3,8
EI 41	41	27	21	13	29	6			169	168	28392,00	2,84			3,8
EI 42	42	28	21	14	28	7	3,5	35	196	147	28812,00	2,88	3,5	24,5	4,5
EI 48	48	32	24	16	32	8	3,5	40	256	192	49152,00	4,92	4	28	5,9
EI 54	54	36	27	18	36	9	3,5	45	324	243	78732,00	7,87	4,5	31,5	7,4
EI 57	57	38	28,5	19	38	9,5	3,5	47,5	361	270,75	97740,75	9,77	4,75	33,25	8,2
EI 60	60	40	30	20	40	10	3,5	50	400	300	120000,00	12,00	5	35	9,2
EI 66	66	44	33	22	44	11	4,5	55	484	363	175692,00	17,57	5,5	38,5	11,1
EI 75	75	50	37,5	25	50	12,5	4,5	62,5	625	468,75	292968,75	29,30	6,25	43,75	14,4
EI 76,2	76,2	50,8	38,1	25,4	50,8	12,7	5	63,5	645,16	483,87	312173,57	31,22	6,35	44,45	14,8
EI 78	78	52	39	26	52	13	4,5	65	676	507	342732,00	34,27	6,5	45,5	15,6
EI 84	84	56	42	28	56	14	4,5	70	784	588	460992,00	46,10	7	49	18,1
EI 96	96	64	48	32	64	16	5,5	80	1024	768	786432,00	78,64	8	56	23,5
EI 105	105	70	52,5	35	70	17,5	5,5	87,5	1225	918,75	1125468,75	112,55	8,75	61,25	29
EI 108	108	72	54	36	72	18	5,5	90	1296	972	1259712,00	125,97	9	63	29,9
EI 114,2	114,2	76	57,1	38,1	76,3	19,1	5,5	94,3	1451,61	1090,61	1583140,38	158,31	10	66,6	33,4
EI 120	120	80	60	40	80	20	7	100	1600	1200	1920000,00	192,00	10	70	36,8
EI 126	126	84	63	42	84	21	6,6	105	1764	1323	2333772,00	233,38	10,5	73,5	40,6
EI 133,2	133,2	88,8	66,6	44,4	88,8	22,2	7	111	1971,36	1478,52	2914695,19	291,47	11,1	77,7	45,4

Tablodan A_p değeri 68.679 cm^4 değerinden büyük en yakın değer seçilmiştir

Tablo 2. EI Sac Boyutları

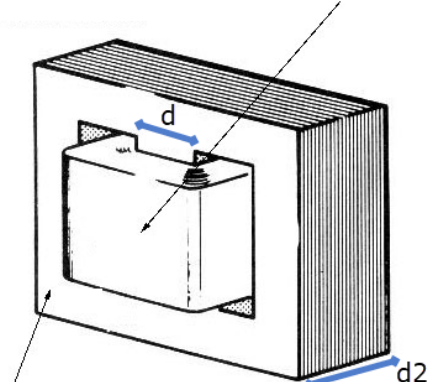
MONOFAZE EI	a	b	c	d	e	F	h	i	Ac	Aw	Ap [mm ⁴]	Ap [cm ⁴]
EI 96	96	64	48	32	64	16	5,5	80	1024	768	786432,00	78,64

Şekil 1. EI Sac Boyutları



3.1) Göbek Kesiti Ve Boyutlarının Bulunması

Bu sac için d=32mm dir.

<p>Demir göbek kesiti</p>	$A_c = \frac{A_p}{A_w} = \frac{6.8679 \cdot 10^5}{768}$ $A_c = A_c = 894.2578 \text{ mm}^2$ $A_c = A_c = 894.2578 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2$ $A_c = A_c = 894.2578 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$	<p>Sonraki adımda güncellenecektir.</p>
<p>Göbek boyutlarının belirlenmesi</p>	<p>Seçilen EI 96 sacı için d=32mm 'dir. Kesit</p> $A_c = d \cdot d_2$ <p>olduğundan</p> $d_2 = \frac{A_c}{d} = \frac{894.2578}{32} = 27.9455 \text{ mm}$ <p>Sac kalınlığının 0.5 mm olması sebebiyle</p> $\frac{27.9455}{0.5} = 55.891 \text{ adet sac arka arkaya gelemeyeceğinden yukarı yuvarlama yapılarak tam sayı seçilir. Dolayısı ile 56'e yuvarlanır. $	 <p>Şekil 2. Göbek ölçüleri</p>

	$d_{2y} = 56 \cdot 0.5 = 28 \text{ mm}$ <p>Bu nedenle A_c güncellenir:</p> $A_c = d \cdot d_{2y}$ $A_c = 32 \cdot 28 = 896 \text{ mm}^2$ <p>Güncellenmiş A_c:</p> $A_c = 896 \text{ mm}^2$ $A_c = 896 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ $A_c = 896 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2$ <p>olur.</p>	<p>Artık A_c değeri olarak bu güncellenmiş değer kullanılacaktır.</p>
--	---	--

4.1) Sarım Sayılarının Hesaplanması

Volt başına sarım sayısı	$N_t = \frac{1}{4 \cdot K_f \cdot B_m \cdot A_c \cdot f}$ $N_t = \frac{1}{4 \cdot 1.11 \cdot 1.2 \cdot (896 \cdot 10^{-6}) \cdot 50}$ $N_t = 4.1894 \text{ Sarm/V}$	<p>Volt başına sarım sayısı; 1 V elde etmek için gerekli sarım sayısıdır.</p> <p>A_c m² cinsinden konur.</p>
Primer sarım sayısı	$N_1 = V_1 \cdot N_t$ $N_1 = 220 \cdot 4.1894$ $N_1 = 921.668$ $N_1 = 922 \text{ Sarm}$	<p>Sarım sayısı tam sayı olmalıdır. Yakın olan tam sayıya yuvarlanır.</p>
Sekonder sarım sayısı	$N_2 = (1 + Reg) \cdot V_2 \cdot N_t$ $N_2 = (1 + 0.02) \cdot 24 \cdot 4.1894$ $N_2 = 102.5565$ $N_2 = 103 \text{ Sarm}$	<p>Sarım sayısı tam sayı olmalıdır. Yakın olan tam sayıya yuvarlanır.</p>

Tartışma:

Çevirme oranı	$a = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{922}{103} = 8.9515$ $a = \frac{E_1}{E_2} \cong \frac{V_1}{V_2} \cong \frac{220}{24} \cong 9.167$	<p>Sarım sayıları cinsinden yazılabilir</p> <p>Bu fark, regülasyondan kaynaklanmaktadır. Biraz tartışmalı bir konudur.</p>
----------------------	---	--

		<p>Kademe değiştiricisi olmayan ve özel bir amaç için tasarlanmış trafolarla regölasyon hesaba katılarak işlem yapılır, hesaplardan ilki doğrudur.</p> <p>Şayet kademe değiştirici varsa regölasyon dikkate alınmadan (zira düzeltme imkanı var) iki hesap da aynı değeri verir.</p>
--	--	--

5.1) Akımların Hesabı

Primer akımı	$I_{1n} = \frac{S_{1n}}{V_{1n}} = \frac{86.666}{220}$ $I_{1n} = 0.3939 A$	
Sekonder akımı	$I_{2n} = \frac{S_{2n}}{V_{2n}} = \frac{78}{24}$ $I_2 = 3.25 A$	

6.1) Tel Çaplarının Hesabı

Primer tel çapı	$q_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{0.3939}{(3 \cdot 10^6) \cdot 10^{-6}}$ $q_1 = 0.1313 mm^2$ $D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot q_1}{\pi}}$ $D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.1313}{\pi}}$ $D_1 = 0.408872 mm$ $D_1 = 0.400 mm$ $D_{1e} = 0.439 mm$	<p>J [A/mm²] cinsinden konulmalıdır, bu nedenle 10⁻⁶ ile çarpılmıştır. Zira tel kesitinin mm² cinsinden bulunması istenmektedir.</p> <p>Çıkan tel çapı piyasada standart olarak bulunan bir çapa yuvarlanır. Tel seçimi için aşağıdaki dosyadan faydalanın</p> <p>EM-PA • Emaye Bobin Tellerinin Boyutsal Verileri.pdf (bu link 1.1 sürümünde güncellendi)</p> <p>Adresinden uygun çapta bobin teli bulunur (en yakın olan seçilebilir: küçük seçilirse, biraz daha fazla ısınır ama idare edebilir. Büyük seçilirse direnci azalacağından ısı</p>
------------------------	---	---

		<p>azalır ama sargının pencere genişliğine sığmama olasılığı artar.</p> <p>Tablodan 0.400 mm lik tel seçilir ve D_1 güncellenir.</p> <p>Bu telin tek kat emaye kaplama ile (Burada tek kat emaye kaplamalı (url deki Single coating sütunundan) etkin çapı 0.439 mm'dir (D_{1e}). Bu değer bobin yüksekliklerini (kabarmasını) belirlemek için kullanılacaktır.</p>
--	--	--

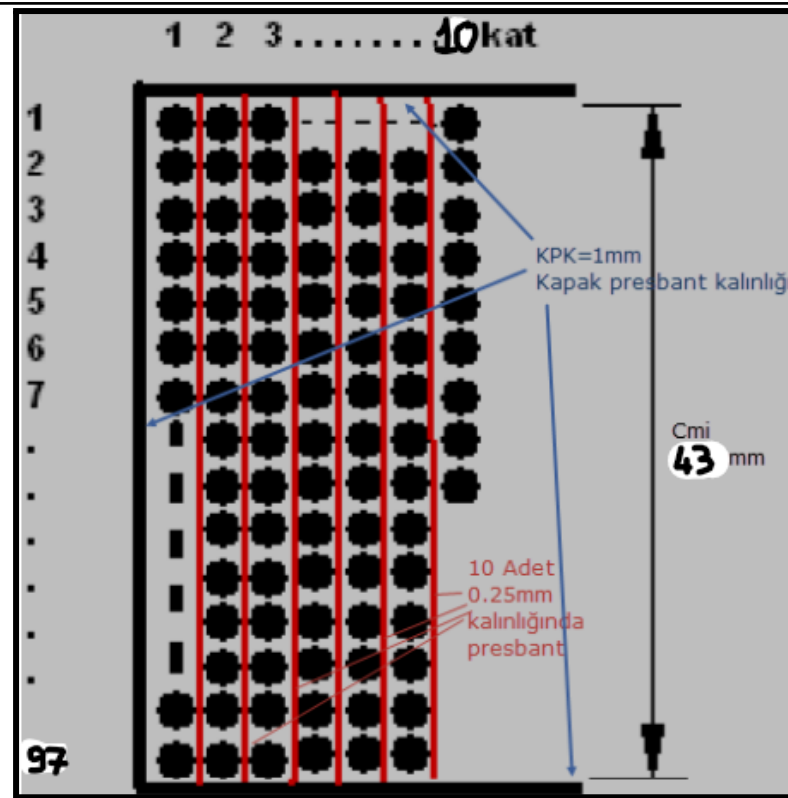
Sekonder tel çapı	$q_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{3.25}{(3 \cdot 10^6) \cdot 10^{-6}}$ $q_2 = 1.0833 \text{ mm}^2$ $D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot q_2}{\pi}}$ $D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.0833}{\pi}}$ $D_2 = 1.17444 \text{ mm}$ $D_2 = 1.180 \text{ mm}$ $D_{2e} = 1.246 \text{ mm}$	<p>J [A/mm²] cinsinden konulmalıdır, bu nedenle 10⁻⁶ ile çarpılmıştır. Zira tel kesitinin mm² cinsinden bulunması istenmektedir.</p> <p>Çıkan tel çapı piyasada standart olarak bulunan bir çapa yuvarlanır.</p> <p>http://www.empaemaye.com.tr/ema-ye-bobin-tellerinin-boyutsal-verileri</p> <p>Adresinden uygun çapta bobin teli bulunur.</p> <p>Burada çift kat emaye kaplamalı tel kullanılacaktır.</p> <p>Tablodan 1.180 mm lik tel seçilir ve D_2 güncellenir.</p> <p>Bu telin tek kat emaye kaplama ile (Burada tek kat emaye kaplamalı (url deki Single coating sütunundan) etkin çapı 1.246 mm'dir (D_{2e}). Bu değer bobin yüksekliklerini (kabarmasını) belirlemek için kullanılacaktır.</p>
--------------------------	--	---

7.1) Bobinde Sargıların Ne Kadar Kabaracağını Belirlenmesi

Makara iç genişliğinin belirlenmesi	$c_{mi} = c - 2 \cdot HTOL - 4 \cdot KPK$ $c_{mi} = 48 - (2 \cdot 0.5) - (4 \cdot 1)$ $c_{mi} = 43 \text{ mm}$	<p>c için Şekil 1'e bakınız.</p> <p>c_{mi}: Makara iç genişliği [mm]</p> <p>KPK=1mm Makaranın yapımında kullanılan presbantın kalınlığı (Bkz Şekil 3).</p> <p>Sac pencere genişliği "c" içerine makaranın taşma yapmadan girmesi için altta ve üstte bir tolerans verilir:</p> <p>HTOL=0.5mm alınmıştır.</p> <p>Not: Hazır plastik makara kullanılması halinde c_{mi} doğrudan makara içinden ölçülebilir. Veya farklı bir makara tasarımında farklı yaklaşımlar kullanılabilir.</p> <p>İşin bu kısmını çok iyi anlamak için Sekil 6-7 deki makara ölçülerini gözden geçirmekte fayda vardır.</p>
--	--	---

Primer sargı kabarmasının hesaplanması:

Yan yana primer iletken sayısı	<p>YPIS: Yan yana primer iletken sayısı</p> $YPIS = \frac{c_{mi}}{D_{1e}} = \frac{43}{0.439} = 97.9498$ <p>Alta yuvarlanarak güncellenir</p> <p><i>YPIS = 97 adet iletken yan yana yerleşir</i></p>	<p>D_{1e} emaye kalınlığı eklenmiş primer tel çapıdır.</p> <p>c_{mi} Makara iç genişliği</p> <p>Yan yana iletken sayısı her zaman aşağıya yuvarlanır</p>
Primer kat sayısı	<p>PKS: Primer sargı kat sayısı</p> $PKS = \frac{N_1}{YPIS} = \frac{992}{97} = 9.5051$ <p>Üste yuvarlanarak güncellenir</p> <p><i>primer kat says; PKS = 10 kat oluşur</i></p>	<p>$N_1 = 715 \text{ Sarm}$ idi.</p> <p>Kart sayısı her zaman yukarı yuvarlanır</p>



Şekil 3. Makara, primer sargı ve ara yalıtımlar

Transformatör alçak gerilimde çalıştığı için sargıların hangisinin demire yakın yerleştirileceğine önem verilmemiştir.

Yüksek gerilimli trafoların, alçak gerilim sargısı yalıtım kolaylığı açısından demire yakın kısma yerleştirilir (Bu konuda pek çok teknik bulunmaktadır).

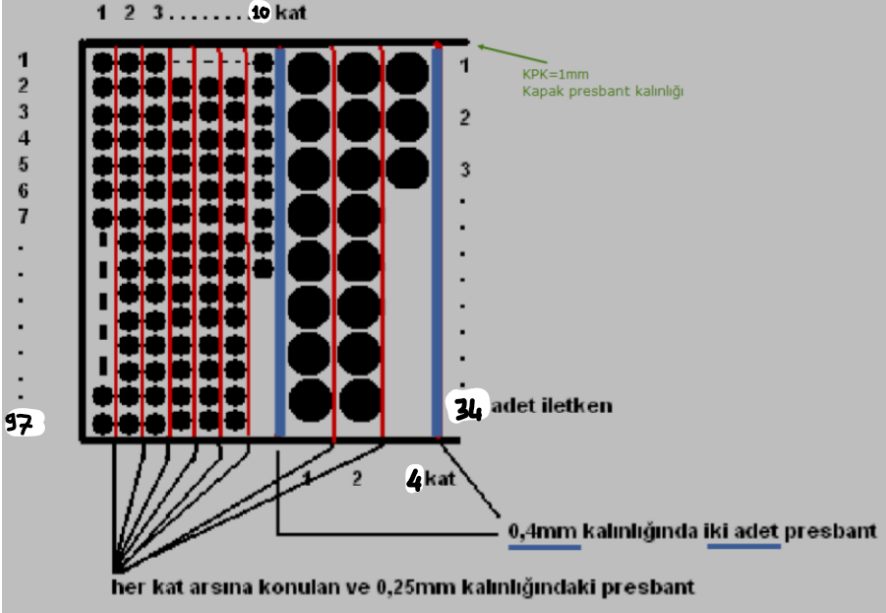
Primer sargı yüksekliği	<p>APK: Katlar arasına konan presbant kalınlığı [mm] APK=0.25mm alınmıştır (Yalıtım koordinasyonu ile ilgilidir). (Alçak gerilim olduğu için primer ve sekonder sargı katları arasında aynı kalınlıkta yalıtım kullanıldı)</p> <p>PKS: Primer sargı kat sayısı</p> $h_p = PKS \cdot D_{1e} + (PKS - 1) \cdot APK$ $h_p = 10 \cdot 0.439 + (90 - 1) \cdot 0.25$ $h_p = 6.64 \text{ mm}$	<p>D_{1e} emaye kalınlığı eklenmiş primer tel çapı (0.544 mm).</p>
--------------------------------	--	---

Sekonder sargı kabarmasının hesaplanması:

Yan yana Sekonder iletken sayısı	<p>YSIS: Yan yana sekonder iletken sayısı</p> $YSIS = \frac{c_{mi}}{D_{2e}} = \frac{43}{1.246} = 34,5104$ <p>Alta yuvarlanarak güncellenir</p>	<p>D_{2e} emaye kalınlığı eklenmiş sekonder tel çapıdır (1.570mm).</p> <p>c_{mi} Makara iç genişliği</p>
---	--	--

	$YSIS = 34$ adet iletken yan yana yerleşir	Yan yana iletken sayısı her zaman aşağıya yuvarlanır
Sekonder kat sayısı	<p>SKS: Sekonder sargı kat sayısı</p> $SKS = \frac{N_2}{YSIS} = \frac{103}{34} = 3.02941$ <p>Üste yuvarlanarak güncellenir</p> <p>sekonder kat says; SKS 4 kat oluşur</p>	<p>$N_2 = 80$ Sarm idi.</p> <p>Kart sayısı her zaman yukarı yuvarlanır.</p>

Sekonder sargı yüksekliği	<p>APK: Katlar arasına konan presbant kalınlığı [mm] APK=0.25mm alınmıştır (Yalıtım koordinasyonu ile ilgilidir). (Alçak gerilim olduğu için primer ve sekonder sargı katları arasında aynı kalınlıkta yalıtım kullanıldı)</p> <p>SKS: Sekonder sargı kat sayısı</p> $h_s = SKS \cdot D_{2e} + (SKS - 1) \cdot APK$ $h_s = 4 \cdot 1.246 + (4 - 1) \cdot 0.25$ $h_s = 5.734 \text{ mm}$	<p>D_{2e} emaye kalınlığı eklenmiş primer tel çapı (1.570mm)</p>
----------------------------------	---	---

	<p>Transformatör alçak gerilimde çalıştığı için sargıların hangisinin demire yakın yerleştirileceğine önem verilmemiştir.</p> <p>Yüksek gerilimli trafoların, alçak gerilim sargısı yalıtım kolaylığı açısından demire yakın kısma yerleştirilir.</p>
--	---

Şekil 4. Makara, primer – sekonder sargı ve yalıtımlar

Toplam sargı yüksekliği	h_t toplam sargı yüksekliği (kabarması) $h_t = KPK + h_p + OPK + h_s + SPK + WTOL$ $h_t = 1 + 6.64 + 0.4 + 5.734 + 0.4 + 2$ $h_t = 16.174 \text{ mm}$	<p>Makaranın yapımında (alt ve yanlarda 1mm lik presbant kullanılmıştır) KPK=1mm</p> <p>OPK=SPK=0.40mm (Orta ve son presbant kalınlığı 0.40 mm seçilmiştir)</p> <p>WTOL=2 mm seçilmiştir (Makara imalatında veya sarım işlemi esnasında istem dışı sargılar kabarmabilir, bunun için eklenmiştir. Daha küçük de seçilebilir fakat çok titiz çalışılması gerekir)</p>
--------------------------------	--	--

ÖNEMLİ KONTROL

Toplam sargı yüksekliğinin seçilen EI sacın pencere yüksekliğine sığma kontrolü	<p>Seçilen EI 105 sacının pencere yüksekliği</p> $c_2 = \frac{e-d}{2} = \frac{64-32}{2} = 16.174 \text{ mm}$ $h_t < c_2 \text{ OLMALI}$ <p>16.174 < 16 Eşitliği Oluşmaz</p>	<p>Iskartasız çoğu sac için $c_2 = f$ dir (Bkz. Şekil 1)</p> <p>Sargı, pencere yüksekliğine (c_2) sığar. Bu trafo sarılabilir. KONTROL TAMAMDIR.</p> <p>h_t 'nin c_2 'den 1-2mm küçük olması gerek imalat ve gerekse soğuma açısından iyidir. Fark küçük ise titiz bir imalat gerekir. Zira, sargılar gevşek sarılırsa pencere yüksekliğine sığmayabilir.</p>
<p>Tasarımda en önemli noktalardan biri sargıların pencere yüksekliğine sığmasıdır. Tasarımınızda sığmamıştır. Bu durumda en başa dönüp, bazı tercihleri değiştirmek gerekir. Sizin için verilenler kısıt olmasından dolayı, yapılması gereken A_p'si bir büyük sacı seçip, tasarım sürecini bu kontrol noktasına kadar sürdürmek ve kontrolün başarılı olduğunu görmektir.*</p>		

2.2) Sacın Seçilmesi

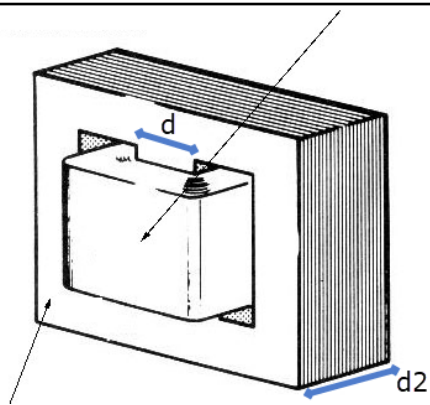
EI 96 Modelinden başarılı sonuç alınmadığı için bir büyük değere sahip olan EI105 kullanılacaktır.

Tablo 3. EI Sac Boyutları

MONOFAZE EI	a	b	c	d	e	F	h	i	Ac	Aw	Ap [mm^4]	Ap [cm^4]
EI 105	105	70	52,5	35	70	17,5	5,5	87,5	1225	918,75	1125468,75	112,55

3.3) Göbek Kesiti Ve Boyutlarının Bulunması

Bu sac için d=35mm dir.

Demir göbek kesiti	$A_c = \frac{A_p}{A_w} = \frac{6.8679 \cdot 10^5}{918.75}$ $A_c = A_c = 747.5265 \text{ mm}^2$ $A_c = A_c = 747.5265 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2$ $A_c = A_c = 747.5265 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$	<p>Sonraki adımda güncellenecektir.</p>
Göbek boyutlarının belirlenmesi	<p>Seçilen EI 96 sacı için d=35mm 'dir. Kesit</p> $A_c = d \cdot d_2$ <p>olduğundan</p> $d_2 = \frac{A_c}{d} = \frac{747.5265}{35} = 21.3579 \text{ mm}$ <p>Sac kalınlığının 0.5 mm olması sebebiyle</p> $\frac{21.3579}{0.5} = 42.7158 \text{ adet sac arka arkaya gelemeyeceğinden yukarı yuvarlama yapılarak tam sayı seçilir. Dolayısı ile 43'e yuvarlanır.}$ $d_{2y} = 43 \cdot 0.5 = 21.5 \text{ mm}$ <p>Bu nedenle A_c güncellenir:</p>	 <p>Şekil 5. Göbek ölçüleri</p>

	$A_c = d \cdot d_{2y}$ $A_c = 35 \cdot 21.5 = 752.5 \text{ mm}^2$ <p>Güncellenmiş A_c:</p> $A_c = 752.5 \text{ mm}^2$ $A_c = 752.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ $A_c = 752.5 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2 \text{ olur.}$	Artık A_c değeri olarak bu güncellenmiş değer kullanılacaktır.
--	---	--

4.2) Sarım Sayılarının Hesaplanması

Volt başına sarım sayısı	$N_t = \frac{1}{4 \cdot K_f \cdot B_m \cdot A_c \cdot f}$ $N_t = \frac{1}{4 \cdot 1.11 \cdot 1.2 \cdot (752.5 \cdot 10^{-6}) \cdot 50}$ $N_t = 4.9917 \text{ Sarm/V}$	<p>Volt başına sarım sayısı; 1 V elde etmek için gerekli sarım sayısıdır.</p> <p>A_c m² cinsinden konur.</p>
Primer sarım sayısı	$N_1 = V_1 \cdot N_t$ $N_1 = 220 \cdot 4.9917$ $N_1 = 1098.174$ $N_1 = 1098 \text{ Sarm}$	<p>Sarım sayısı tam sayı olmalıdır. Yakın olan tam sayıya yuvarlanır.</p>
Sekonder sarım sayısı	$N_2 = (1 + Reg) \cdot V_2 \cdot N_t$ $N_2 = (1 + 0.02) \cdot 24 \cdot 4.9917$ $N_2 = 122.1968$ $N_2 = 122 \text{ Sarm}$	<p>Sarım sayısı tam sayı olmalıdır. Yakın olan tam sayıya yuvarlanır.</p>

Tartışma:

Çevirme oranı	$a = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{1098}{122} = 9$ $a = \frac{E_1}{E_2} \cong \frac{V_1}{V_2} \cong \frac{220}{24} \cong 9.167$	<p>Sarım sayıları cinsinden yazılabilir</p> <p>Bu fark, regülasyondan kaynaklanmaktadır. Biraz tartışmalı bir konudur.</p> <p>Kademe dönüştürücisi olmayan ve özel bir amaç için tasarlanmış trafolar da regülasyon hesaba katılarak işlem yapılır, hesaplardan ilki doğrudur.</p>
----------------------	---	--

		Şayet kademe değıştirici varsa regölasyon dikkate alınmadan (zira düzeltme imkanı var) iki hesap da aynı değeri verir.
--	--	--

5.2) Akımların Hesabı

Primer akımı	$I_{1n} = \frac{S_{1n}}{V_{1n}} = \frac{86.666}{220}$ $I_{1n} = 0.3939 A$	
Sekonder akımı	$I_{2n} = \frac{S_{2n}}{V_{2n}} = \frac{78}{24}$ $I_2 = 3.25 A$	

6.2) Tel Çaplarının Hesabı

Primer tel çapı	$q_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{0.3939}{(3 \cdot 10^6) \cdot 10^{-6}}$ $q_1 = 0.1313 mm^2$ $D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot q_1}{\pi}}$ $D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.1313}{\pi}}$ $D_1 = 0.408872 mm$ $D_1 = 0.400 mm$ $D_{1e} = 0.439 mm$	<p>J [A/mm²] cinsinden konulmalıdır, bu nedenle 10⁻⁶ ile çarpılmıştır. Zira tel kesitinin mm² cinsinden bulunması istenmektedir.</p> <p>Çıkan tel çapı piyasada standart olarak bulunan bir çapa yuvarlanır. Tel seçimi için aşağıdaki dosyadan faydalanın</p> <p>EM-PA • Emaye Bobin Tellerinin Boyutsal Verileri.pdf (bu link 1.1 sürümünde güncellendi)</p> <p>Adresinden uygun çapta bobin teli bulunur (en yakın olan seçilebilir: küçük seçilirse, biraz daha fazla ısınır ama idare edebilir. Büyük seçilirse direnci azalacağından ısı azalır ama sargının pencere genişliğine sığmama olasılığı artar.</p> <p>Tablodan 0.400 mm lik tel seçilir ve D₁ güncellenir.</p>
------------------------	---	---

		Bu telin tek kat emaye kaplama ile (Burada tek kat emaye kaplamalı (url deki Single coating sütunundan) etkin çapı 0.439 mm'dir (D_{1e}). Bu değer bobin yüksekliklerini (kabarmasını) belirlemek için kullanılacaktır.
--	--	--

Sekonder tel çapı	$q_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{3.25}{(3 \cdot 10^6) \cdot 10^{-6}}$ $q_2 = 1.0833 \text{ mm}^2$ $D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot q_2}{\pi}}$ $D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.0833}{\pi}}$ $D_2 = 1.17444 \text{ mm}$ $D_2 = 1.180 \text{ mm}$ $D_{2e} = 1.246 \text{ mm}$	<p>J [A/mm²] cinsinden konulmalıdır, bu nedenle 10⁻⁶ ile çarpılmıştır. Zira tel kesitinin mm² cinsinden bulunması istenmektedir.</p> <p>Çıkan tel çapı piyasada standart olarak bulunan bir çapa yuvarlanır.</p> <p>http://www.empaemaye.com.tr/ema-ye-bobin-tellerinin-boyutsal-verileri</p> <p>Adresinden uygun çapta bobin teli bulunur. Burada çift kat emaye kaplamalı tel kullanılacaktır.</p> <p>Tablodan 1.180 mm lik tel seçilir ve D_2 güncellenir.</p> <p>Bu telin tek kat emaye kaplama ile (Burada tek kat emaye kaplamalı (url deki Single coating sütunundan) etkin çapı 1.246 mm'dir (D_{2e}). Bu değer bobin yüksekliklerini (kabarmasını) belirlemek için kullanılacaktır.</p>
--------------------------	--	--

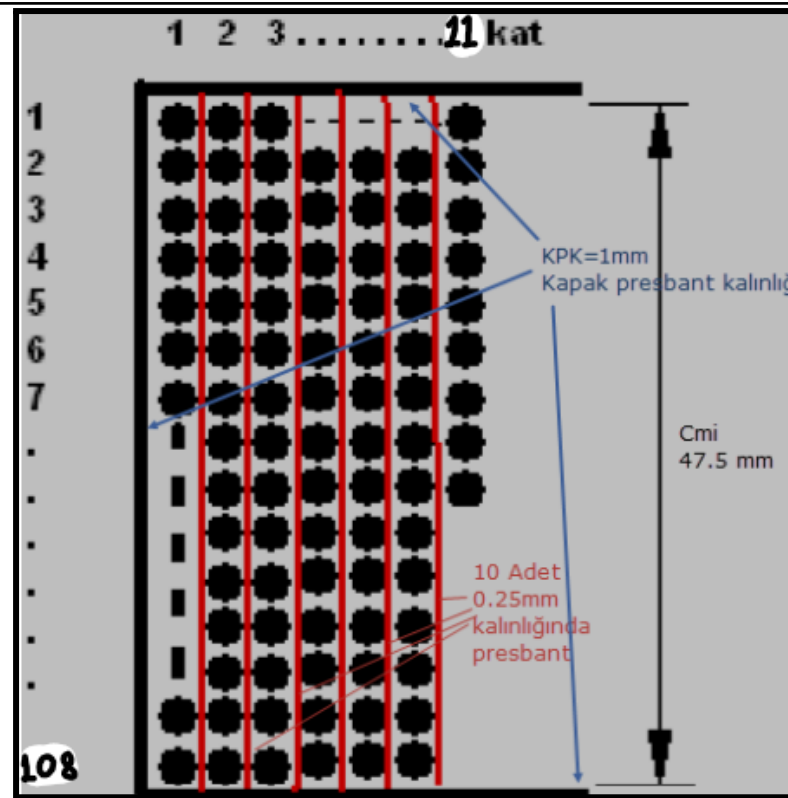
7.2) Bobinde Sargıların Ne Kadar Kabaracağıının Belirlenmesi

Makara iç genişliğinin belirlenmesi	$c_{mi} = c - 2 \cdot HTOL - 4 \cdot KPK$ $c_{mi} = 52.5 - (2 \cdot 0.5) - (4 \cdot 1)$ $c_{mi} = 47.5 \text{ mm}$	<p>c için Şekil 1'e bakınız.</p> <p>c_{mi}: Makara iç genişliği [mm]</p> <p>KPK=1mm Makaranın yapımında kullanılan presbantın kalınlığı</p> <p>Sac pencere genişliği "c" içine makaranın taşma yapmadan girmesi için altta ve üstte bir tolerans verilir:</p>
--	--	--

		<p>HTOL=0.5mm alınmıştır.</p> <p>Not: Hazır plastik makara kullanılması halinde c_{mi} doğrudan makara içinden ölçülebilir. Veya farklı bir makara tasarımında farklı yaklaşımlar kullanılabilir.</p> <p>İşin bu kısmını çok iyi anlamak için Sekil 6-7 deki makara ölçülerini gözden geçirmekte fayda vardır.</p>
--	--	---

Primer sargı kabarmasının hesaplanması:

Yan yana primer iletken sayısı	<p>YPIS: Yan yana primer iletken sayısı</p> $YPIS = \frac{c_{mi}}{D_{1e}} = \frac{47.5}{0.439} = 108.2004$ <p><i>Alta yuvarlanarak güncellenir</i></p> <p><i>YPIS = 108 adet iletken yan yana yerleşir</i></p>	<p>D_{1e} emaye kalınlığı eklenmiş primer tel çapıdır.</p> <p>c_{mi} Makara iç genişliği</p> <p>Yan yana iletken sayısı her zaman aşağıya yuvarlanır</p>
Primer kat sayısı	<p>PKS: Primer sargı kat sayısı</p> $PKS = \frac{N_1}{YPIS} = \frac{1098}{108} = 10.1666$ <p><i>Üste yuvarlanarak güncellenir</i></p> <p><i>primer kat says; PKS = 11 kat oluşur</i></p>	<p>$N_1 = 715$ Sarm idi.</p> <p>Kart sayısı her zaman yukarı yuvarlanır</p>



Şekil 6. Makara, primer sargı ve ara yalıtımlar

Transformatör alçak gerilimde çalıştığı için sargıların hangisinin demire yakın yerleştirileceğine önem verilmemiştir.

Yüksek gerilimli trafoların, alçak gerilim sargısı yalıtım kolaylığı açısından demire yakın kısma yerleştirilir (Bu konuda pek çok teknik bulunmaktadır).

Primer sargı yüksekliği	<p>APK: Katlar arasına konan presbant kalınlığı [mm] APK=0.25mm alınmıştır (Yalıtım koordinasyonu ile ilgilidir). (Alçak gerilim olduğu için primer ve sekonder sargı katları arasında aynı kalınlıkta yalıtım kullanıldı)</p> <p>PKS: Primer sargı kat sayısı</p> $h_p = PKS \cdot D_{1e} + (PKS - 1) \cdot APK$ $h_p = 11 \cdot 0.439 + (11 - 1) \cdot 0.25$ $h_p = 7.329 \text{ mm}$	<p>D_{1e} emaye kalınlığı eklenmiş primer tel çapı (0.544 mm).</p>
--------------------------------	---	---

Sekonder sargı kabarmasının hesaplanması:

Yan yana Sekonder iletken sayısı	<p>YSIS: Yan yana sekonder iletken sayısı</p> $YSIS = \frac{c_{mi}}{D_{2e}} = \frac{47.5}{1.246} = 38.1219$ <p>Alta yuvarlanarak güncellenir</p>	<p>D_{2e} emaye kalınlığı eklenmiş sekonder tel çapıdır (1.570mm).</p> <p>c_{mi} Makara iç genişliği</p>
---	--	--

	$YSIS = 38 \text{ adet iletken yan yana yerleşir}$	Yan yana iletken sayısı her zaman aşağıya yuvarlanır
Sekonder kat sayısı	<p>SKS: Sekonder sargı kat sayısı</p> $SKS = \frac{N_2}{YSIS} = \frac{122}{38} = 3.2105$ <p>Üste yuvarlanarak güncellenir</p> <p>sekonder kat says; SKS 4 kat oluşur</p>	<p>$N_2 = 80 \text{ Sarm idi.}$</p> <p>Kart sayısı her zaman yukarı yuvarlanır.</p>

Sekonder sargı yüksekliği	<p>APK: Katlar arasına konan presbant kalınlığı [mm] APK=0.25mm alınmıştır (Yalıtım koordinasyonu ile ilgilidir). (Alçak gerilim olduğu için primer ve sekonder sargı katları arasında aynı kalınlıkta yalıtım kullanıldı)</p> <p>SKS: Sekonder sargı kat sayısı</p> $h_s = SKS \cdot D_{2e} + (SKS - 1) \cdot APK$ $h_s = 4 \cdot 1.246 + (4 - 1) \cdot 0.25$ $h_s = 5.734 \text{ mm}$	<p>D_{2e} emaye kalınlığı eklenmiş primer tel çapı (1.570mm)</p>
----------------------------------	---	---

<p>1 2 3 11 kat</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p> <p>108</p> <p>38 adet iletken</p> <p>1 2 3 4 kat</p> <p>0.4mm kalınlığında iki adet presbant</p> <p>her kat arsına konulan ve 0.25mm kalınlığındaki presbant</p> <p>KPK=1mm Kapak presbant kalınlığı</p>	<p>Transformatör alçak gerilimde çalıştığı için sargıların hangisinin demire yakın yerleştirileceğine önem verilmemiştir.</p> <p>Yüksek gerilimli trafoların, alçak gerilim sargısı yalıtım kolaylığı açısından demire yakın kısma yerleştirilir.</p>
---	---

Şekil 7. Makara, primer – sekonder sargı ve yalıtımlar

Toplam sargı yüksekliği	h_t toplam sargı yüksekliği (kabarması) $h_t = KPK + h_p + OPK + h_s + SPK + WTOL$ $h_t = 1 + 7.329 + 0.4 + 5.734 + 0.4 + 2$ $h_t = 16.863 \text{ mm}$	<p>Makaranın yapımında (alt ve yanlarda 1mm lik presbant kullanılmıştır) KPK=1mm</p> <p>OPK=SPK=0.40mm (Orta ve son presbant kalınlığı 0.40 mm seçilmiştir)</p> <p>WTOL=2 mm seçilmiştir (Makara imalatında veya sarım işlemi esnasında istem dışı sargılar kabarmabilir, bunun için eklenmiştir. Daha küçük de seçilebilir fakat çok titiz çalışılması gerekir)</p>
--------------------------------	---	--

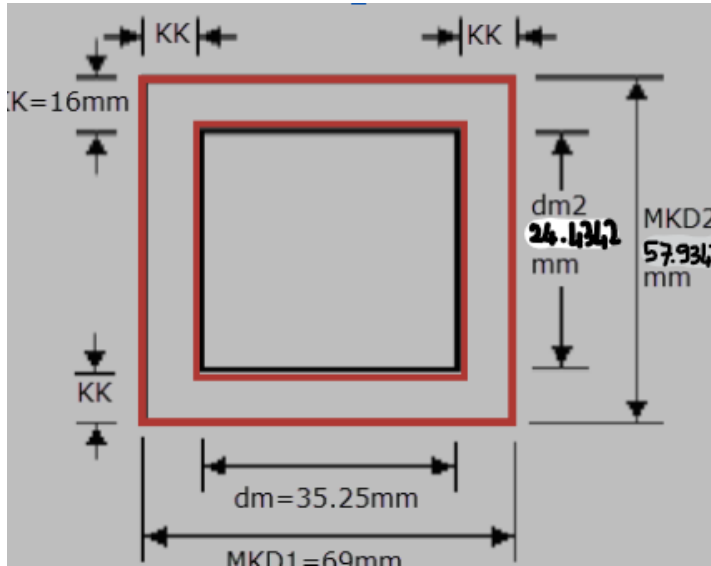
ÖNEMLİ KONTROL

Toplam sargı yüksekliğinin seçilen EI sacın pencere yüksekliğine sığma kontrolü	<p>Seçilen EI 105 sacının pencere yüksekliği</p> $c_2 = \frac{e-d}{2} = \frac{70-35}{2} = 17.5 \text{ mm}$ $h_t < c_2 \text{ OLMALI}$ $16.863 < 17.5$	<p>Iskartasız çoğu sac için $c_2 = f$ dir (Bkz. Şekil 1)</p> <p>Sargı, pencere yüksekliğine (c_2) sığar. Bu trafo sarılabilir. KONTROL TAMAMDIR.</p> <p>h_t 'nin c_2 'den 1-2mm küçük olması gerek imalat ve gerekse soğuma açısından iyidir. Fark küçük ise titiz bir imalat gerekir. Zira, sargılar gevşek sarılırsa pencere yüksekliğine sığmayabilir.</p>
<p>Tasarımda en önemli noktalardan biri sargıların pencere yüksekliğine sığmasıdır. Tasarımınızda sığma konusunda bir sorun yoktur.</p>		

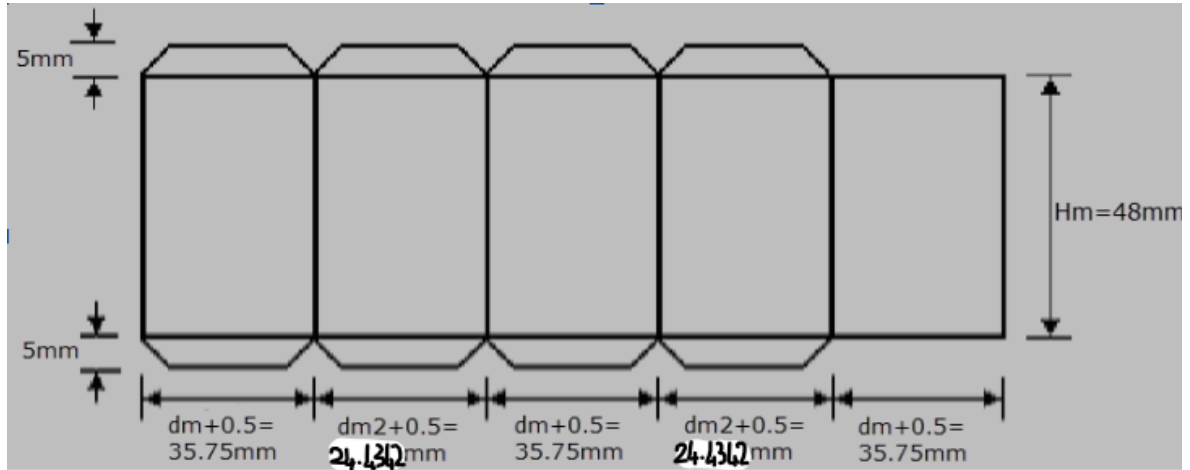
8) Bobinin Makarasının Ölçüleri

Sac paketleme faktörü	<p>$A_c = 747.5265 \text{ mm}^2$ idi. Bu net demir alanıdır. Oysa, saclar üzerinde ince bir yalıtım katmanı vardır. Ayrıca saclar gerek presten çıkarken ufak kıvrımlı çıkar ve gerekse üst üste yığıldığında istem dışı kabarmalar olabilir. Bu kabarmış durumdaki göbek kesiti artar. Buna A_{cg} diyelim.</p> $\frac{A_c}{A_{cg}} < 1 ; K_s = \frac{A_c}{A_{cg}} ; K_s < 1$ <p>K_s 'ye sac paketleme faktörü denir. Bu örnekte $K_s = 0.95$ verilmiştir.</p>	<p>Saclar üst üste yığıldığında yüzeylerinde yalıtım bulunması nedeniyle net demir miktarı küçük bir yüzde ile azalır. Paketleme faktörü sac üreticiler tarafından verilir (Bu faktör sac kalınlığı incelikle küçülür) 0.5mm kalınlığındaki saclar için $K_s=0.95-0.97$ arasında verilmektedir. Bu örnekte 0.95 seçilmiştir.</p>
<p><i>Aşağıda verilen ölçüler, bu makara tasarımına aittir. Makara tasarımı ayrı bir imalat konusudur. Farklı bir tasarımda yaklaşım değişebilir. Veya hazır plastik bir makara kullanılması halinde hesap yapmak yerine makara ölçüleri zaten baştan bilinir.</i></p>		
Bobin makarası iç ölçüleri	<p>Bobin makarası içerisinde girecek sacın ölçülerinden biri “$d=35\text{mm}$ diğeri $d_{2y}=22.5\text{mm}$” idi.</p> <p>Makara iç ölçüleri</p> $d_m = d + MTOL \text{ mm} \quad MTOL = 0.25\text{mm}$ $d_m = 35 + 0.25 \quad d_m = 35.25\text{mm}$ $d_{m2} = \frac{d_{2y}}{K_s} + MTOL \text{ mm}$ $d_{m2} = \frac{22.5}{0.95} + 0.25 \quad d_{m2} = 23.9342\text{mm}$	<p>D ve d_{2y} için Şekil 1 ve Başlık 3'e bakınız. MTOL; makaranın içine demir nüvenin rahat girebilmesi için verilmiş bir tolerans boşluğudur, burada 0.25mm alınmıştır.</p>
Kapak kenar uzunluğu	<p>KK: Kapak kenar uzunluğu</p> $KK = c_2 - KPK - HTOL \text{ mm}$ $KK = 17.5 - 1 - 0.5 \quad KK = 16\text{mm}$	<p>HTOL imalat kolaylığı için verilmiş 0.5mm lik bir toleranstır.</p>
Kapak dış boyutları	$MKD1 = e - 2 \cdot HTOL$ $MKD1 = 70 - 2 \cdot 0.5 \quad MKD1 = 69\text{mm}$ $MKD2 = d_{m2} + 2 \cdot KPK + 2 \cdot KK$ $MKD2 = 23.9342 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 16$ $MKD2 = 57.9342\text{mm}$	<p>MKD1 ve MKD2 makara dış ölçüleridir</p>
Diğer makara boyutları	$H_m = c - 4 \cdot KPK - HTOL \text{ mm}$ $H_m = 52.5 - 4 \cdot 1 - 0.5$	<p>HTOL imalat kolaylığı için verilmiş 0.5mm lik bir toleranstır.</p>

	$H_m = 48 \text{ mm}$ <p>Makara gövdesi katlanma yerleri:</p> $d_m + \frac{KPK}{2} = 35.75 \text{ mm}$ $d_{m2} + \frac{KPK}{2} = 24.4342 \text{ mm}$	H_m ve diğer iki ölçü için Şekil 9'a bakınız
--	--	--



Şekil 8. Makara kapakları (Şekil 7'deki parça, bu parçanın içerisine giriyor)



Şekil 9. Makara gövdesi (Şekil 8'deki kapakların içerisine giriyor)

Not 1: Normalde tasarım süreci daha pek çok kontroller yaptıktan sonra sona erer. Bu yardım dosyası Elektrik Makineleri I dersi içerisindeki bir ödevde yönelik hazırlanmış olup, öğrencilerin tasarım süreci ile tanıştırılmaları amaçlanmıştır. Bilgiler çok derinlemesine verilmemiştir. Ayrıca kontrollerin tamamı verilmemiştir. Örneğin sargı dirençleri kaçak reaktansları, demir ve bakır kayıpları, verimi, regülasyonu, sıcaklık artışı gibi pek çok sonuç,

tasarımın sonucunda yeniden hesaplanır ve hedefe ne kadar varıldığı kontrol edilir. Şayet hedeften çok uzak kalan oldu ise tasarım sürecine yeni kabuller ile yeniden başlanılarak hedefe varılmaya çalışılır.

Bu örnekte kritik kontrollerden birisi olan, sadece sargıların pencere alanına sığması kontrol edilmiştir. Bu trafo imal edilirse çalışır, sorun yok. Fakat başlangıçta ön görülen verim, sıcaklık artışı ve regülasyon gibi pek çok hedefe varılmamış olabilir. Meraklısına konu ile ilgili kaynaklar aşağıda verilmiştir.

Not 2: Bu dosyada öğrenciye transformatör tasarım süreci tanıtılmaya çalışılmıştır. Bundan sonraki konular, optimizasyon ve imalat mühendisliği ile ilgilidir. Zira aynı güç ve gerilimde, farklı verim ve regülasyonda, farklı boyut – ağırlıklarda trafo yapmak mümkündür. Trafonun ısınması veya çalışacağı yüksek gerilime göre imalat sürecindeki değişikliklerin her biri ayrı birer araştırma konusu olabilmektedir.

Not 3: Yüz yılı aşkın süredir geliştirilmekte olan transformatör ve bileşenleri hakkında pek çok standart mevcuttur. Bunların bir kısmına ders web sayfamdan erişebilirsiniz.

STANDARTLAR

Standart, bir işi nasıl daha iyi yapabilirim sorusuna cevap vermiş olurken başvuru talimatlar dizisidir. Standartlar, teknik bilgilerden oluşur ve kural koyucu özelliktedirler. Standartlar işletmelerin kar oranlarında da artış sağlaması için de oldukça gereklidirler. Standartlar ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından hazırlanmaktadır.

STANDART NO	ADI
TS EN 60076-1 (IEC 60076-1), TS EN 60076-2 (IEC 60076-2), TS EN 60076-3 (IEC 60076-3), TS EN 60076-5 (IEC 60076-5), TS EN 60076-11 (IEC 60076-11)	Güç transformatörleri (Genel, Sıvıya daldırılan transformatörler için cıcaklık artışı, Yalıtım seviyeleri dielektrik deneyleri ve havadaki harici yalıtım aralıkları, Kısa devre dayanım yeteneği, Kuru tip transformatörler)
TS IEC 60905 (IEC 60076-12)	Kuru tip güç transformatörleri için yükleme klavuzu
TS EN 61558-2-16	Transformatörlerin güvenliği, Transformatörler ile ilgili özel kurallar ve deneyler
TS EN 60740-1 (IEC 60740-1-2005)	Mekanik ve elektriksel karakteristikler
I.S. EN 61248-3: 1998	Elektronik ve telekomünikasyon ekipmanlarında kullanım için transformatörler ve indüktörler

IEC 61007	Elektronik ve Telekomünikasyon ekipmanlarında kullanım için transformatörler ve indüktörlerin ölçüm yöntemleri ve test prosedürleri.
DIN 41302-2	Laminasyonlar, teknik teslim şartları.

SÜREÇ PLANLAMASI VE GÖREV DAĞILIMI

Ödev verildiği tarihten itibaren planlı olarak çalışmalar başlamıştır. İlk aşama olarak takım üyelerinin belirlenmesinde ders koordinatörünün üye tavsiyesisi üzerine gurubumuzu kurduk. Bu süreç içerisinde uygulama ve öğrenme becerilerimizi geliştirdik. Ödev ile ilgili ince nüanslar grup üyelerince dersin hocasına danışıldı. Çapraz kontrol metodu ile hesaplamalarımızın doğruluğunu gözden geçirdik. Özellikle süreç içerisinde sürekli aktif olarak iletişim halinde kaldığımızdan dolayı yanlış yapabilme olasılığı minimuma çekildi.

Planlı ve disiplinli çalışma sayesinde ödev vaktinde yetiştirilmiş olup yanlış yapılan yerleri düzeltmemiz için zamanımız kalmıştır.

PLAN			
1.HAFTA (6-11 ARALIK)	2.HAFTA (12-18 ARALIK)	3. HAFTA (19-25 ARALIK)	4.HAFTA (25-29 ARALIK)
Grup üyelerinin kesin olarak belirlenmesi	Ödev hakkında bilgi birikimi elde edilmesi Konu ile ilgili istişare Görev dağılımı	Hesaplamaların tamamlanması Online ve yüzyüze toplantı	Eksik kalan sözel kısımların ve rapor dizaynının tamamlanıp ödevin son defa grup üyelerince incelenmesi

GÖREV DAĞILIMI						
	EL İLE TASARIM HESAPLAM ALARI	KOD İLE HESAPLA MA	SÜREÇ PLANLAM A	STANDART ARAŞTIRM ASI	LİTERATÜ R TARAMASI	RAPOR TASARIMI VE YAZIMI
ÖMER FARUK ORUÇ						
SEMİH EREZ						
GÜLHAN MUSTAFA AĞAOĞLU						

KAZANIMLAR

Grup üyelerinin bu konu üzerinde daha önce çalışma ve bilgi birikiminin olması ödevin yapımını kolaylaştırmıştır. Grubun her bir üyesi kendi tecrübelerini grubun diğer üyelerine aktarması grubun potansiyelini arttırmıştır.

Grup içerisinde sürekli bir fikir alışverişinin olması ödevin içeriğinde yanlış yapma olasılığını azaltmıştır. Takılınan yerlerde danışmak ise iletişim becerisini kuvvetlendirmiştir.

Planlı olarak bir iş yapıldığı zaman yanlışları düzeltme ve daha doğru bir iş yapabilme kabiliyetini grupça görmüş olduk.

İlk seferde bir işi başarılı bir şekilde yapma ihtimalimizin her zaman olmayacağını görmüş olup teorik hesaplamaların bir işi yaparken ne kadar önemli olacağını görmüş olduk.

MATLAB KODLARI

```
%KODLAR G190100063 G220100508 B220100507 NUMARALI ÖĞRENCİLER TARAFINDAN  
%HAZIRLANMIŞTIR. DERS KOORDİNATORU HARİCİNDE PAYLAŞIM YAPILAMAZ.  
  
numara1= 63;  
numara2= 08;  
numara3= 07;  
toplam= numara3+numara2+numara1;  
if toplam<100 && toplam>10  
    Sn=toplam  
  
else  
    disp("if satırını duzenle")  
end  
  
% ilk değerler;  
S2n=toplam;  
V1n=220;  
V2n=24;  
Bm=1.2;  
f=50;  
Reg=0.02;  
J=3*(10^6);  
VERIM=0.9;  
Kf=1.11;  
Ku=0.3;  
Ks=0.95;  
%.....  
%Başlık 1  
  
S1n=S2n/VERIM;  
S2=S2n;  
St=S1n+S2n;  
disp("Ap m^4 degeri:")  
Ap=St/(4*Kf*Ku*Bm*f*J)  
disp("Ap cm^4 degeri:")  
Ap2=Ap*(10^8)  
disp("Ap mm^4 degeri:")  
Ap3=Ap*(10^12)  
  
disp("Tablodan uygun degerleri seciniz!!")  
%.....  
%Başlık 2 (Uygun trafonun oluşmaması durumunda bu kısmı guncelleyiniz)  
  
a=96;  
b=64;
```

```

c=48;
d=32;
e=64;
ff=16;
h=5.5;
i=80;
Ac=1024;
Aw=768;
%.....
%Başlık 3

Ac1=Ap3/Aw;
d2=Ac1/d;
d2y=ceil(d2*2)/2;
disp("Yeni Ac mm^2")
AC=d*d2y
disp("Yeni Ac m^2")
AC2=AC*(10^-6)
%.....
%Başlık 4

Nt=1/(4*Kf*Bm*AC2*f);
disp("N1 Sarım Sayısı:")
N1=round(V1n*Nt)
disp("N2 Sarım Sayısı:")
N2=round(V2n*Nt*(1+Reg))
%.....
%Başlık 5

I1n=S1n/V1n
I2n=S2n/V2n
%.....
%Başlık 6

q1=I1n/(J*10^-6)
D1=sqrt(4*q1/pi)
disp("Tablodan uygun degerleri seciniz!!")
q2=I2n/(J*10^-6)
D2=sqrt(4*q2/pi)
disp("Tablodan uygun degerleri seciniz!!")
%TABLO DEĞERLERİNİ YAZ
D1e=0.439;
D2e=1.246;
%.....
%Başlık 6

```

```

Cmi=c-1-4;
YPIS=floor(Cmi/D1e);
PKS=ceil(N1/YPIS);
YSIS=floor(Cmi/D2e);
SKS=ceil(N2/YSIS);
hp=(PKS*D1e)+((PKS-1)*0.25);
hs=(SKS*D2e)+((SKS-1)*0.25);
ht=1+hp+0.4+hs+0.4+2;
disp("Trafonun Sığıp Sığmadığı Kontrol Edilmelidir!!!")
c2=(e-d)/2;

if ht<c2
    disp("TRAFO SIĞAR")
else
    disp("TASARIMDA TRAFO SIGMAMISTIR. Ap DEGERI DAHA BUYUK SAC" + ...
        " TERCİH EDİNİZ!!!")
end

```

KAYNAKÇA

- [1] Colonel Wm. T. McLyman, Transformer And Inductor Design Handbook, Third Edition, Marcel Dekker, 2004, https://coefs.uncc.edu/mnoras/courses/power-electronics/tr_design/ , Eriřim: 09.12.2019
- [2] Colonel Wm. T. McLyman, Transformer and Inductor Design Handbook, Fourth Edition, CRC Press, 2011
- [3] Flanagan William, Handbook of Transformer Design and Applications, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1993
- [4] Bodurođlu Turgut, Elektrik Makinaları Dersleri (Teori-Hesap ve Konstrüksiyon), Cilt I: Transformatörler (Teori, hesap ve konstrüksiyon), Kurtulmuş Matbaası, İstanbul, 1960
- [5] Gürdal Osman, Elektrik Makinalarının Tasarımı, Atlas Yayınları, Eylül 2001, https://www.researchgate.net/publication/335700632_Elektrik_Makinalarinin_Tasarimi , Eriřim: 09.12.2019
- [6] Transformer design tradeoffs, Technical Memorandum 33- 767, NASA, 1977
- [7] Guenter B. Finke, Transformer Laminations, Design Considerations, Magnetic Metals Corporation Camden, New Jersey
- [8] MEGEP, Bir Fazlı Transformatör Sarımı, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Bir%20Fazli%C4%B1%20Transformat%C3%B6r%20Sar%C4%B1m%C4%B1.pdf, Eriřim: 09.12.2019
- [9] Youtube: El yapımı transformatör yapımı: <https://youtu.be/s6NyTprQCBI> , Eriřim: 09.12.2019
(Not: Bu kaynaktan sadece işlemleri görmek açısından faydalanım, hesap için değil)
- [10] Transformatörler ile ilgili bazı standartlar: <https://docs.google.com/document/d/e/2PACX-1vQ64g-5TBk8F0-U86G117VBf6Bd3BiviARX3qq9ebl9X6qgA3WuLofJRBWCJLfSQos0ZjwupHB6gOl/pub>
- [11] <https://www.isonedir.com/standart-nedir/>
- [12] https://ekblc.files.wordpress.com/2014/02/transformatc3b6rler_pp2.pdf
- [13] <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/StandardAra.aspx>