3-viklingstransformatorer - beregning av tap og kortslutningsverdier
Det mest vanlige i det norske nettet er full ytelse på alle viklinger.
Eksempel 1 :1250/1250/1250 kVA [100/100/100 %]

kVA		**1250**						**1250**		**1250**		**1**	**23100**		
Volt		**22000**	**+**	**2**	**x**	**2,5**	**%**	**415**		**237**		**2**	**22550**		
			-	**2**	**x**	**2,5**	**%**					**3**	**22000**		
Amp.		**32,8**						**1739**		**3045**		**4**	**21450**		
												5	**20900**		
		Primær						**Sek.**		**Tert.**			**Step-lap**	**Laser**	**Blikk**
Kobl.							**D**	**yn11**		**yn11**		**Tomg.tap Po:**		**1220**	**W**
		Vikl.C						**Vikl.B**		**Vikl.A**		**Tomg.strøm Io:**		**0,14**	**%**
Pk W		**5338**						**5208**		**8935**		**Bel.tap A-C Pk:**		**14270**	**W**
Pk tot W	**14270**						**A - B**	**B - C**		**A - C**		**Bel.tap B-C Pk:**		**10540**	**W**
zt % =	uk%:	ek%:					**2,72**	**5,29**		**10,15**		**Bel.tap A-B Pk:**		**14120**	**W**
rt % =	ur%:	er%:					**1,129**	**0,842**		**1,142**					
xt % =	ux%:	ex%:					**2,476**	**5,223**		**10,09**					

Skiltdata ovenfor viser beregnede og kontrollmålte tap i W , og impedanser zt / resistanser rt / reaktanser xt – alle i %. Data skal ifølge norm IEC60076 angis ved merkespenning og merkestrøm.

Tapene for 3-viklings-transf. skal angis og måles som enkelttap.
[måles som 2-vikl. med den 3-dje ikke tilkoblet]

A-C : 22000/240 V : 5338 + 8935 = 14273 W, rt=1,142 %, zt=10,15 %

A-C : Maks. kortslutningsstrøm Ik3= In/zt *100 = 3,045/0,1015= 30 kA

B-C : 22000/415 V : 5338 + 5208 = 10540 W, rt= 0,842 % zt= 5,29 %

B-C : Maks. kortslutningsstrøm Ik3= In/zt *100 = 1,739/0,0529= 32,9 kA

Transformatoren må termisk dimensjoneres for største enkelttap.
I dette tilfelle er det Pk A-C + Po.

Dersom resistansen i % er angitt kan man kontrollregne Pk på følgende måte
Pk= rt% / 100 * VA = 0,01142 * 1250000= 14275

Reaktansen $xt = \sqrt{zt^2 - rt^2}$

A-B : Omsetning benyttes ikke, men noen NIS/GIS systemer krever at kortslutningsverdier legges inn også for denne.
(Nettinformasjonssystemer / Grafiske Informasjons Systemer)

Eksempel på neste side viser nøyaktig samme transformator testet med merkesskilt for 1250/625/625 kVA - [100 / 50 /50 %]

3-viklingstransformatorer - beregning av tap og kortslutningsverdier
Identisk samme transformator som i eksempel 1, beregnet og testet med lik belastning 625kVA på sekundær og tertiær.

∑(sek.kVA+ tert.kVA) ≤ primær kVA, gjelder i alle tilfeller.

Eksempel 2: 1250/625/625 kVA [100/50/50 %]

kVA		**1250**						**625**		**625**		**1**	**23100**		
Volt		**22000**	**+**	**2**	**x**	**2,5**	**%**	**415**		**237**		**2**	**22550**		
			-	**2**	**x**	**2,5**	**%**					**3**	**22000**		
Amp.		**32,8**						**870**		**1523**		**4**	**21450**		
												5	**20900**		
		Primær						**Sek.**		**Tert.**			**Step-lap**	**Laser**	**Blikk**
Kobl.							**D**	**yn11**		**yn11**		**Tomg.tap Po:**		**1220**	**W**
		Vikl.C						**Vikl.B**		**Vikl.A**		**Tomg.strøm Io:**		**0,14**	**%**
Pk W		**5338**						**1302**		**2237**		**Bel.tap A-C Pk:**		**3570**	**W**
Pk tot W	**8880**						**A - B**	**B - C**		**A - C**		**Bel.tap B-C Pk:**		**2640**	**W**
zt % =	uk%:	ek%:					**1,36**	**2,65**		**5,08**		**Bel.tap A-B Pk:**		**3540**	**W**
rt % =	ur%:	er%:					**0,566**	**0,422**		**0,57**					
xt % =	ux%:	ex%:					**1,238**	**2,612**		**5,04**					

Skiltdata ovenfor viser beregnede og kontrollmålte tap i W , og impedanser zt / resistanser rt / reaktanser xt – alle i %. Data skal ifølge norm IEC60076 angis ved merkespenning og merkestrøm .

Tapene for 3-viklings-transf. skal angis og måles som enkelttap.
[måles som 2-vikl. med den 3-dje ikke tilkoblet]

Ved måling av enkelttap vil strømmen i primær bli ½ , tapene er prop.
med kvadratet av strømmen $R*I^2$ og Pk vikl.C = ¼ * 5338 = 1335W

A-C : 22000/240 V : 1335 + 2237 = 3572 W, rt= 0,57 %, zt= 5,08 %

A-C : Maks. kortslutningsstrøm Ik3= In/zt *100 = 1,523/0,0508= 30 kA

B-C : 22000/415 V : 1335 + 1302 = 2637 W, rt= 0,422 % zt= 2,65 %

B-C : Maks. kortslutningsstrøm Ik3= In/zt *100 = 0,87/0,0265= 32,8 kA

Ik3 verdiene er naturlig nok det samme i eksempel 1 og eksempel 2, idet det er samme transformator .

3-viklingstransformatorer – kapitalisering av tap
Vurdering av tapskostnader for belastningstap (NOK 10,8/W)

Dersom kun 240 V - viklingen benyttes, fra eksempel 1
A-C : 22000/240 V : 5338 + 8935 = 14273 W

Tapskostnad belastningstap 14273 W x 10,8 NOK/W = NOK 154.150

Dersom kun 415 V - viklingen benyttes, fra eksempel 1
B-C : 22000/415 V : 5338 + 5208 = 10540 W

Tapskostnad belastningstap 10540 W x 10,8 NOK/W = NOK 113.800

Dersom 240V og 415V belastes likt fra eksempel 2
∑ 5338 + 1302+2237 = 8877W

Tapskostnad belastningstap 8877 W x 10,8 NOK/W = NOK 95.870

I det siste eksempelet er det full last Vikl.C og halv last i Vikl B og Vikl.A.

Tapene i Vikl C = 1 * 5338 W = 5338 W 1250 kVA

Tapene i Vikl B = ¼ * 5208 W = 1302 W 625 kVA

Tapene i Vikl A = ¼ * 8935 W = 2234 W 625 kVA

Tapene 100/50/50% ≈ ∑ 8880 W

Begge eksempler 1 og 2 er utført i henhold til IEC60076-1 2011 punkt 11.4 side 49.

11.4 Measurement of short-circuit impedance and load loss.

On a three-winding transformer, measurements are performed on the three two-winding combinations. Total losses for specified loading cases involving these windings are determined accordingly.

14.11.2014 K.L