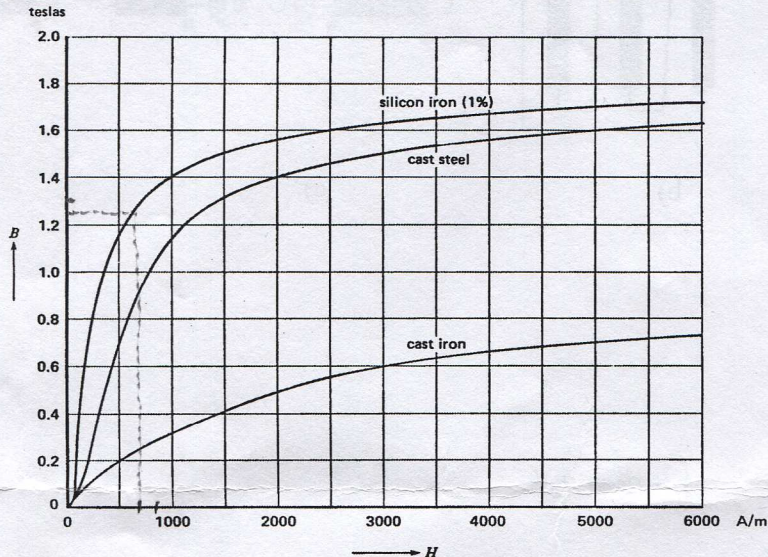


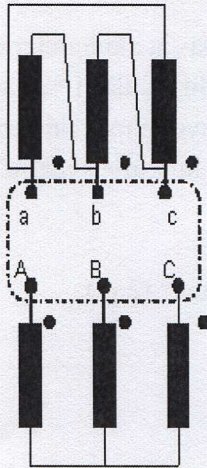
1. Suunnittele ja mitoita yksivaihemuuntaja, jonka nimellisteho on 50 kVA. Ylä- ja alajännitepuolen nimellisjännitteet ovat 2400V/240V (50 Hz). Käytettävissä on muuntajasydän (piillä, 1 %, seostettua rautaa), jonka poikkipinta-ala on $0,0144 \text{ m}^2$ ja sydämessä kulkevan vuontiheyden maksimiarvo on n. 1,25 T. Sydämen täytekertoimen voidaan olettaa olevan 1. Vuon keskimääräinen kulkutie sydämen ympäri on 0,6 m. Sydämen magnetoitikäyrä on annettu oheisessa kuvassa.
 - a) Mitkä ovat ylä- ja alajännitepuolen kierrosluvut? (2 p.)
 - b) Kuinka suurille nimellisvirroille ylä- ja alajännitepuolen käämit tulee mitoittaa? (2 p.)
 - c) Kuinka suuri on ensiön magnetoitivirran huippuarvo? (2 p.)



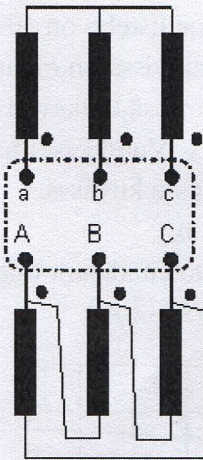
2. Kolmivaiheiselle Dyn11-kytkentäiselle jakelumuuntajalle on annettu seuraavat kilpiarvot:
 $S_n = 500 \text{ kVA}$, U_{n1}/U_{n2} on 20500/410 V, $P_k = 8200 \text{ W}$, $P_o = 1050 \text{ W}$, $z_k = 5,5\%$, $I_o = 0,7\%$
 - a) Laske tarvittavat komponenttien arvot ja piirrä muuntajalle mahdollisimman täydellinen sijaiskytkentä. (3 p.)
 - b) Määritä muuntajan toisiojännite kuormalla 400 kVA, $\cos\varphi = 0,85_{\text{ind}}$ ensiöjännitteen ollessa nimellisen suuruinen (3 p.)
3.
 - a) Laske edellisen tehtävän muuntajassa syntyvät häviöt b-kohdan mukaisella kuormalla. (2 p.)
 - b) Mistä häviöt muuntajassa syntyvät, mitkä sijaiskytkennän komponentit kuvaavat häviöitä? (2 p.)
 - c) Mikä on edellisen tehtävän muuntajan yläjännitekäämin kierrosluku, jos alajännitekäämissä on 50 kierrosta? (2 p.)
4.
 - a) Selitä, mitä käytännön seurauksia ja miksi muuntajaraudan epälineaarisuus aiheuttaa kolmivaiheiseen sähköverkkoon kytketyn muuntajan yhteydessä. (3 p.)
 - b) 24kV:n kolmivaiheverkkoon (jännite 21 kV, taajuus 50 Hz) kytketään kunkin vaiheen ja maan väliin nimellisteholtaan 50 kVA:n rinnakkaiskuristin. Kuristimien ottama pätöteho voidaan olettaa merkityksettömän pieneksi. Arvioi, kuinka suuri on yhden kuristimen muodostama induktanssi? (3 p.)

Kääntöpuolella tehtävä 5 ja opintojaksoon liittyviä kaavoja.

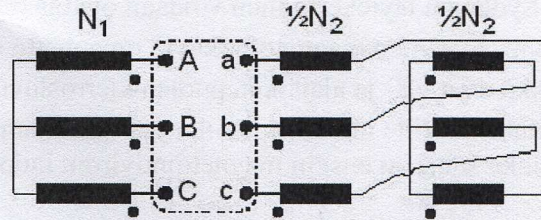
5. Piirrä oheisen kuvan a), b) ja c) –kohdan mukaisista muuntajakytkennöistä sekä ylä- että alajännitepuolelle erikseen jänniteosoitinpiirros kaikkien käämien yli vaikuttavista jännitteistä siten, että niistä voi päätellä kytkentöjen kellolukemat. Mitkä kytkennät (kellolukemineen) ovat kyseessä? (6 p.)



a)



b)



c)

Kaavoja:

$$\oint_S \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I = NI \quad B = \mu H \quad \oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_o I$$

$$R_m = \frac{l}{\mu A} \quad |F| = \frac{A_g B_g^2}{2\mu_o} \left(1 - \frac{1}{\mu_r}\right)$$

$$u = -e = N \frac{d\phi}{dt} \quad U = 4,44 f N \phi_{\max}$$

$$Z_k = \frac{z_k}{100} \cdot Z_n = \frac{z_k}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} \quad R_k = \frac{r_k}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} \quad X_k = \frac{x_k}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n}$$

$$r_k = 100 \cdot \frac{P_k}{S_n} [\%] \quad P_0 = \frac{U_{ln}^2}{R_{Fe}}$$

$$u_h = \frac{S}{S_n} (r_k \cos \varphi + x_k \sin \varphi) \quad U'_{hv} = RI \cos \varphi + XI \sin \varphi$$

$$W_k = \frac{1}{2} Ni \phi = \frac{1}{2} Li^2 = \frac{1}{2} (Ni)^2 P = \frac{1}{2} \Psi i = \frac{\Psi^2}{2L} = \frac{\phi^2}{2P} \quad F = - \frac{\partial W_k(\Psi, x)}{\partial x}$$