

# SENSORVEILEDNING

<b>Emnekode:</b>	IRE36213
<b>Emnenavn:</b>	Energiteknikk og bygningsinstallasjoner
<b>Eksamensform:</b>	<b>Skriftlig</b>
<b>Dato:</b>	04.12.2019
<b>Faglærer(e):</b>	Ole Kristian Førriisdahl/97497378 og Bjørn Halvor Sture/46683781
<b>Eventuelt:</b>	<p>Eksamen vil være utformet i to adskilte deler, som hver for seg dekker temaene energiteknikk og bygginstallasjoner. For å bestå eksamen må kandidaten ha besvart oppgaver fra begge temaene hver for seg til bestått.</p> <p>Det settes en samlet helhetlig karakter i emnet og det gis bokstavkarakter A til F, der A er beste karakter og F er ikke bestått.</p>



**Oppgave 1a)**

Alle referanser er til NEK 400:2018

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \phi \cdot \eta} = \frac{5000}{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 0,7 \cdot 0,85} = \underline{21,1A}$$

Som overlastbeskyttelse for kabel og motor benyttes termisk vern (motorvern) som innstilles på 21,1 A. Velger en elementautomat (jordfeilautomat) med C – karakteristikk med merkestrøm lik 25 A og med integrert strømstyrt jordfeilvern ( $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$ ) som kortslutningsvern for kabel.  $I_4$  for elementautomaten er  $5 \cdot 25 \text{ A} = 125 \text{ A}$ . Startstrømmen til motoren er  $5 \cdot 21,1 \text{ A} = 105,5 \text{ A}$ . Elementautomaten vil klare startstrømmen i mer enn 2 sekunder. Beregn nå minste tillatte tverrsnitt ut ifra maksimum spenningsendring på 3,5 %:

$$A_{\min} = \frac{I_B \cdot \rho \cdot l \cdot \sqrt{3} \cdot k_{t2} \cdot \cos \phi}{\Delta U} = \frac{21,1 \cdot \frac{1}{57} \cdot 35 \cdot \sqrt{3} \cdot 1,25 \cdot 0,7}{0,035 \cdot 230} = \underline{2,4 \text{ mm}^2}$$

Nærmeste normerte tverrsnitt velges til  $2,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ .

Referanseinstallasjonsmetode E betyr at strømføringssevne skal leses ut fra tabell 52B-10 for tre belastede ledere slik at kabelens tverrsnitt ut fra maks belastning kan bestemmes.

Korreksjonsfaktor for omgivelses temperatur avleses i tabell 52B-14 til å være:  $k_t = 0,94$ .

Reduksjonsfaktor for grupper av flere kabler avleses i tabell 52B-20 til å være:  $k_p = 0,79$ .

Kabelens minste teoretiske strømføringssevne ( $I'_m$ ) må først bestemmes:

$$I'_m = \frac{I_n}{k_p \cdot k_t} = \frac{21,1}{0,79 \cdot 0,94} = \underline{28,4A}$$

Ifølge tabell 52B-10 referanseinstallasjonsmetode E forlagt på horisontalt perforert bro for tre belastede ledere blir nærmeste strømføringssevne ( $I_m$ ) 34 A og minste nominelt ledertverrsnitt ut fra beskyttelse mot overbelastning blir  $4 \text{ mm}^2$ .

Tilleggskrav i punkt 533.2.1" Beskyttelse av ledningssystem mot overbelastning" kommer til anvendelse her. 21,1 A som overbelastningsvern for  $4 \text{ mm}^2$  er OK ref. 533.2.1.

Velger kabel (PFSP) med tverrsnitt lik 3x4/4 mm<sup>2</sup> Cu som oppfyller krav både til spenningsfall og strømføringssevne.

$$I_z = I_m \cdot k_t \cdot k_p = 34 \cdot 0,94 \cdot 0,79 = \underline{25,2A}$$

- 1)  $I_b \leq I_n \leq I_z$  er oppfylt                      ref. 431.4.1/533.2.1  
 $21,1 \text{ A} \leq 21,1 \text{ A} \leq 25,2 \text{ A}$
- 2)  $I_z \leq 1,45 I_n$  er oppfylt                      ref. 431.4.1/533.2.1  
 $1,2 \cdot 21,1 \text{ A} \leq 1,45 \cdot 25,2 \text{ A}$

For å kontrollere om elementautomaten (kortslutningsvernet) bryter strømmen før tillatt grensetemperatur for lederisolasjonen oppnås, må minste og største feilstrøm beregnes. Største feilstrøm beregnes i fordeling (kursens utgangspunkt) og minste feilstrøm beregnes i kursens tamp. Her er største feilstrøm ( $I_{k3pmax}$ ) oppgitt i fordelingen (kursens utgangspunkt) og trenger derfor ikke å bli beregnet.

For bestemmelse av impedanser i positivt og negativt system i foranliggende nett benyttes feilstrømmer ( $I_{k2pmin}$ ). For dette systemet er impedanser i positivt og negativt system like.

Bestemmelse av minste feilstrøm:

$$Z_{+ytre} = \frac{c \cdot U_N}{2 \cdot I_{k2pmin}} \angle \varphi = \frac{0,95 \cdot 230}{2 \cdot 1} \angle 25,8 = (98,4 + j47,5) m\Omega$$

PFSP 3x4/4 mm<sup>2</sup> Cu

$$Z_{+maks} = r \cdot l \cdot k_{t2} + j \cdot x \cdot l = (4,61 \cdot 35 \cdot 1,2 + j0,1 \cdot 35) m\Omega = (193,6 + j3,5) m\Omega$$

$$Z_{+total} = (98,4 + j47,5 + 193,6 + j3,5) m\Omega = (292,0 + j51,0) m\Omega$$

$$I_{k2pmin} = \frac{c \cdot U_n}{2 \cdot Z_{+total}} = \frac{0,95 \cdot 230}{2 \cdot (292,0 + j51,0)} (\text{kA}) = 0,37 \text{kA}$$

Vernets bryteevne  $I_{cn} = 10 \text{ kA}$ .  $I_{k3pmax} = 5 \text{ kA}$ .

$I_{cn} > I_{k3pmax}$  OK 431.5.2/533.3.2

Leser av på figur for tid/strømkurver for elementautomater og ser at brytetiden for en 25 A elementautomat med C - karakteristikk ved en feilstrøm på 370 A ( $I_5 = 250$  A) blir mindre enn 0,1 s. Benytter derfor  $I_{k3pmax} = 5$  kA for å finne den energien som elementautomaten slipper igjennom ved momentan utkopling. Leser av denne energien til å være:  $I^2 \cdot t = 2,05 \cdot 10^4$  A<sup>2</sup>s.

Kabelen tåler:  $k^2 \cdot S^2 = 115^2 \cdot 4^2 = 2,1 \cdot 10^5$  A<sup>2</sup>s. ( $k = 115$  pga PVC isolasjon). Vi ser at kabelen er beskyttet mot skadelig oppvarming ved største feilstrøm.

$I^2 \cdot t \leq k^2 \cdot S^2$  og kravet til kortslutningsbeskyttelse av kabelen er oppfylt. Avsnitt 431.5.3/533.3.1.1

Krav til utkoplingstid for beskyttelse mot elektrisk sjokk er 0,4 s (Tabell 41A). Krav oppfylt ref. 411.3.2.2 ved bruk av strømstyrt jordfeilvern med utløserstrøm  $I_{\Delta N} = 30$  mA.

b)

NEK 400:2018 544.2.2

$$S_b \geq \frac{PE}{2} = \frac{4mm^2}{2} = 2mm^2$$

$S_b$  må minst være 2,5 mm<sup>2</sup> Cu. Dette er også minste tillatte ledertverrsnitt for utjevning leder som er forlagt mekanisk beskyttet.

c)

Nb! Her må studenten ha ført opp noen av de vesentligste punktene under

Visuell inspeksjon

Utstyr:

CE-merket

Samsvarserklæring

Valg av utstyr:

IP-grad

Montert iht. monteringsanvisning

Tilkoblinger

Merking

Utstyrsmarking/kursmerking

Dimensjonering av leder og vern

Normer som er brukt, for eksempel NEK 400:2018

Dersom NEK 400:2018 legges til grunn for prosjektering/utførelse så bør det nevnes at anlegget er kontrollert iht krav i NEK 400:2018 Del 6 Kontroll

Prøving/måling:

Kontinuitet

Utkoblingstid jordfeilbryter

Spenningstest

$I_{kmax}$  i tavle for å sjekke mot vernets  $I_{cn}$

$I_{kmin}$  på lengste punkt av kursen for å sjekke mot vernets  $I_5$  for momentan utkobling

Dokumentasjon av kurs (FebDok)

d)

Resistansen til PE leder blir ved en lengde på 30 m:  $R_{PE} = 4,61 \cdot 30 \text{ m}\Omega = 138,3 \text{ m}\Omega$ . Det ble målt  $500 \text{ m}\Omega$  ved kontinuitetstest. Sannsynlig årsak til dette måleresultat er dårlig kontakt i tilkoplingsklemme for PE-leder

## Oppgave 2

Transmisjonstap:

$$P_{vegg} = U \cdot A \cdot (\theta_{nne} - \theta_{ute})W = 0,18 \cdot ((35 \cdot 2 + 25 \cdot 2) \cdot 3,5 - 80 - 15) \cdot (20 - (-15))W = \underline{2047,5W}$$

$$P_{tak} = U \cdot A \cdot (\theta_{nne} - \theta_{ute})W = 0,13 \cdot 35 \cdot 25 \cdot (20 - (-15))W = \underline{3981,25W}$$

$$P_{gulv} = U \cdot A \cdot (\theta_{nne} - \theta_{ute})W = 0,15 \cdot 35 \cdot 25 \cdot (20 - 5)W = \underline{1968,75W}$$

$$P_{vinduer} = U \cdot A \cdot (\theta_{nne} - \theta_{ute})W = 1,2 \cdot 80 \cdot (20 - (-15))W = \underline{3360W}$$

$$P_{\text{ytterdører}} = U \cdot A \cdot (\theta_{\text{inne}} - \theta_{\text{ute}})W = 1,3 \cdot 15 \cdot (20 - (-15))W = \underline{682,5W}$$

Totalt transmisjonstap: 12040 W

Ventilasjonstap:

Se eget løsningsforslag for oppgave 4 til 7 i Canvas.