

# Løsningsforslag til eksamen i

## TTK4125 Datastyring

3. juni 2013

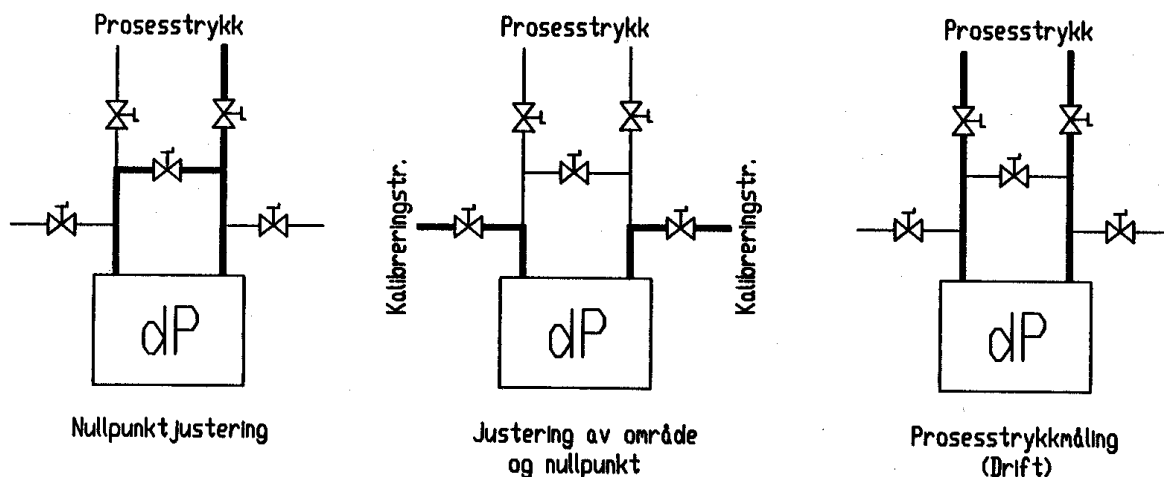
### Oppgave 1 Instrumentering (20%)

- a) Kompensasjonsprinsippet går ut på at en vha. tilbakekopling kompenserer for variasjoner i den størrelsen som skal måles slik at måleelementet alltid (stasjonært) gir samme utgangssignalverdi. Eksempelvis vil en kompensert kraftmåler sette opp en motkraft slik at nettokraften på sensorelementet er konstant. Selve kraftmålingen foregår ved at en måler den motkraften som settes opp av den tilbakekoblede sløyfen.

**Fordeler:** ulineariteter i sensorelementet kanselleres. I prinsippet er det tilstrekkelig at måleelementet er repeterbart omkring den stasjonære verdien. En kan derfor benytte enkle og rimelige måleelementer og likevel oppnå stor nøyaktighet.

- b) Ventilarmaturen benyttes av to årsaker:

- For å kunne fjerne/skifte ut dP-cellen uten avbrudd i prosessen (ved å stenge ventilene mot prosessstrykket), samt
- For å kunne kalibrere/justere dP-cellens nullpunkt og forsterkning. I det siste tilfellet benyttes ventilene som angitt i figurene nedenfor (tykk linje representerer åpen ventil/trykkgjennomføring)



- c) En sperrevæske benyttes for å unngå at prosessmediet skal komme i kontakt med selve måleelementet og forurenses eller skade det (gjennom korrosjon, slitasje e.l.). Prosessstrykket overføres til måleelementet via et rør, og sperrevæsken fyller da den delen/enden av tilførselsrøret som er i kontakt med måleelementet.
- d) **Posisjon:** En membrandåse, et bourdonrør e.l. deformeres som en funksjon av påført trykk. Ved eksempelvis å måle utvidelsen av en membrandåse, får vi et mål for trykket inni dåsen (relativt trykket utenfor).

**Kapasitans:** En membran monteres slik at vi lede prosessstrykket inn på den ene siden av membranen, og et referansetrykk på den andre (evt. et annet prosessstrykk dersom vi ønsker en dP-måling). Membranens «utbuling» til den ene eller den andre siden vil da avhenge av trykkforskjellen. Ved å plassere faste elektroder nær membranen på begge sider og gjøre

membranen selv til en tredje elektrode, kan trykkforskjellen måles via kapasitansen mellom membranen og hver av de to faste elektrodene. Dette er mulig fordi kapasitansen mellom membranen og de øvrige elektrodene varierer med avsanden mellom dem, og dermed med membranens utbuling.

**Piezoresistivitet:** Dette er betegnelsen på resistansendringen som kan observeres når et materiale strekkes eller komprimeres, som f.eks. i en strekkklapp. Fenomenet kan benyttes til trykkmåling ved å feste strekkklapper e.l. på en membran, et rør eller annet som endrer fasong som funksjon av trykket.

**Svingende streng:** Anta at vi har en membran som utsettes for en trykkforskjell slik at den buler til den ene siden. Hvis vi fester en streng mellom membranen og et fast opphengspunkt, vil spenningen (strekket) i strengen, og dermed strengens resonansfrekvens, avhenge av trykkforskjellen over membranen. Ved å måle resonansfrekvensen får vi dermed et mål for trykkforskjellen.

- e) Membranen skiller to væskevolum, der det ene volumet inneholder væsken med den ukjente ionekonsentrasjonen som skal måles. Det aktuelle ionet er (ideelt sett) det eneste som slipper gjennom membranen.

Ved likevekt vil det derfor være en ladnings- og spenningsforskjell mellom de to væskevolumene. Denne spenningen er gitt av Nernst likning, og er et uttrykk for (bl.a.) konsentrasjonen vi ønsker å måle.

Viktige feilkilder (oppgaven spør etter *tre* av de følgende feilkildene; enkelte er kun relevante for pH-elektroder, men disse godtas pga. pH-målingens høye relevans):

- Temperatur (påvirker målingen direkte)
- Membranslitasje (korrosjon eller mekanisk slitasje endrer membranens egenskaper)
- Membranbelegg (belegg øker tidskonstanten i systemet)
- Tilstedeværelse av natrium (spesielt ved pH-måling)
- Overtemperatur (elektrodene kommer ut av kalibrering)
- Forurensning av referanseelektrodens elektrolytt (endrer overgangspotensialet i elektroden)
- Filtertilstopping (øker resistansen i filteret og gir dermed målefeil)
- Nye elektroder (ustabile)

## Oppgave 2    Elektromagnetisk kompatibilitet – EMC (15%)

- a) EMC er ikke å forhindre støy eller å lage utstyr ufølsomt for all støy, men å muliggjøre sameksistens mellom støykilde og mulig offer:

**Immunitetsnivå** er maksimalt nivå elektromagnetisk støy et gitt utstyr kan utsettes for uten at funksjonsevnen blir redusert.

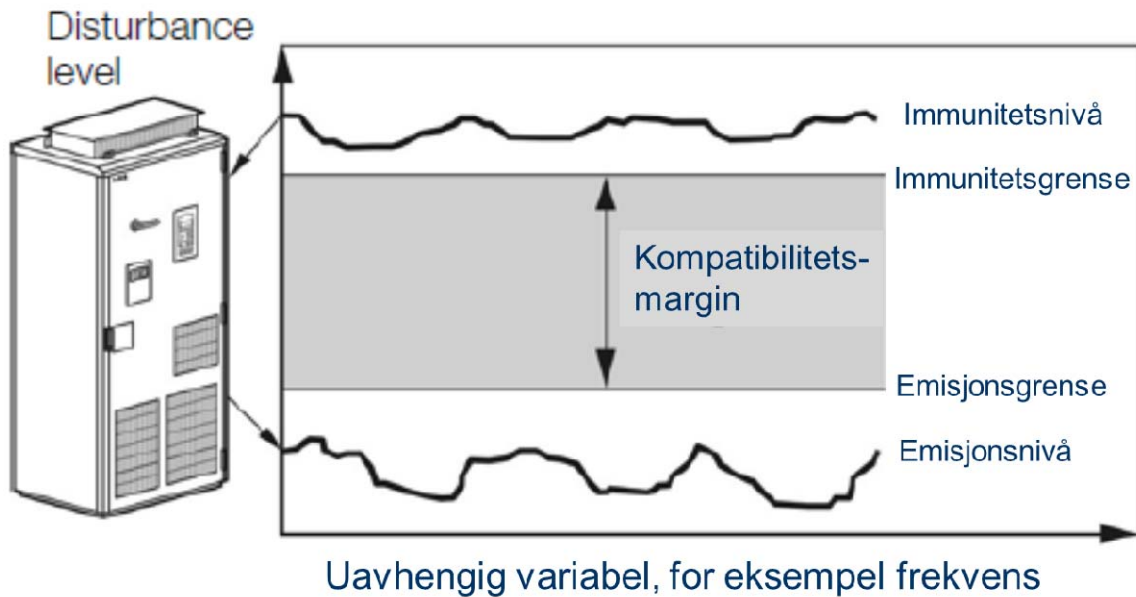
**Immunitetsgrensen** er det minimalt påkrevde immunitetsnivået.

**Emisjongsgrensen** er det maksimalt tillatte emisjonsnivået fra en forstyrrende kilde.

**Emisjonsnivå** er det faktiske nivået på elektromagnetisk støy fra et gitt utstyr

**Kompatibilitetsmargin** er avstanden mellom immunitetsgrensen og emisjongsgrensen

Figuren nedenfor illustrerer sammenhengen mellom begrepene:



b) Den generaliserte skjerm (soneinndeling) er et verktøy for topologibearbeiding.

- Oppdeling i soner for å lette analysen av større systemer.
- Sonene er omsluttet av skjermflater, av en *generalisert skjerm*
- Sonene er *ved siden av* hverandre eller *inni* hverandre. Topologisk danner dette et sett med konsentriske grenseflater som hver for seg bidrar med *kretsatskillelse* og *støydemping*.
- Soneinndelingen beskriver el-miljøet for et apparat eller en gruppe apparater. En tilstreber å ha ens EMC-krav til utstyr i samme sone
- Soneinndelingen har til hensikt å vise hvilke andre soner som er i kontakt med sonen, ikke hvordan den praktisk er utformet.
- Sonegrenser trekkes slik at de skal gi tilstrekkelig dempning for at utrustningen i hver enkelt sone ikke kan forstyrres eller forstyrre apparater i nabosonene
- NB: Alle beskyttelsestiltak utføres i grenseflaten mellom ulike soner.
- Det finnes ikke jordkobling mellom innsiden og utsiden av topologiske grenser.

Hver sone har et definert elektromagnetisk miljø. All utrustning i en sone må oppfylle to prinsipielle krav:

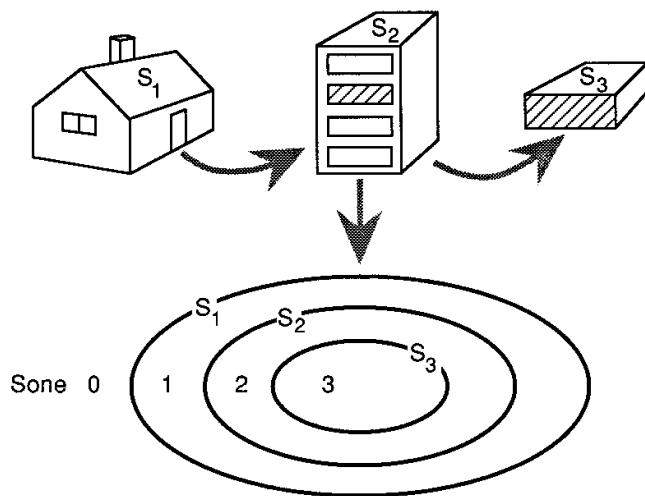
- Utstyret må ikke forstyrre miljøet i sonen mer enn opp til de grenseverdier som er satt for sonen.
- Utstyret må tåle de påkjenninger som er karakteristiske ved disse grenseverdier

c) Realisering av soneskiller/skjermflater kan gjøres på mange måter, bl.a.:

- Eksplisitte metallskjermer innført kun for å skjerme innenforliggende sone (metallnett, folie, plate)
- Kretsatskillelse/avstand

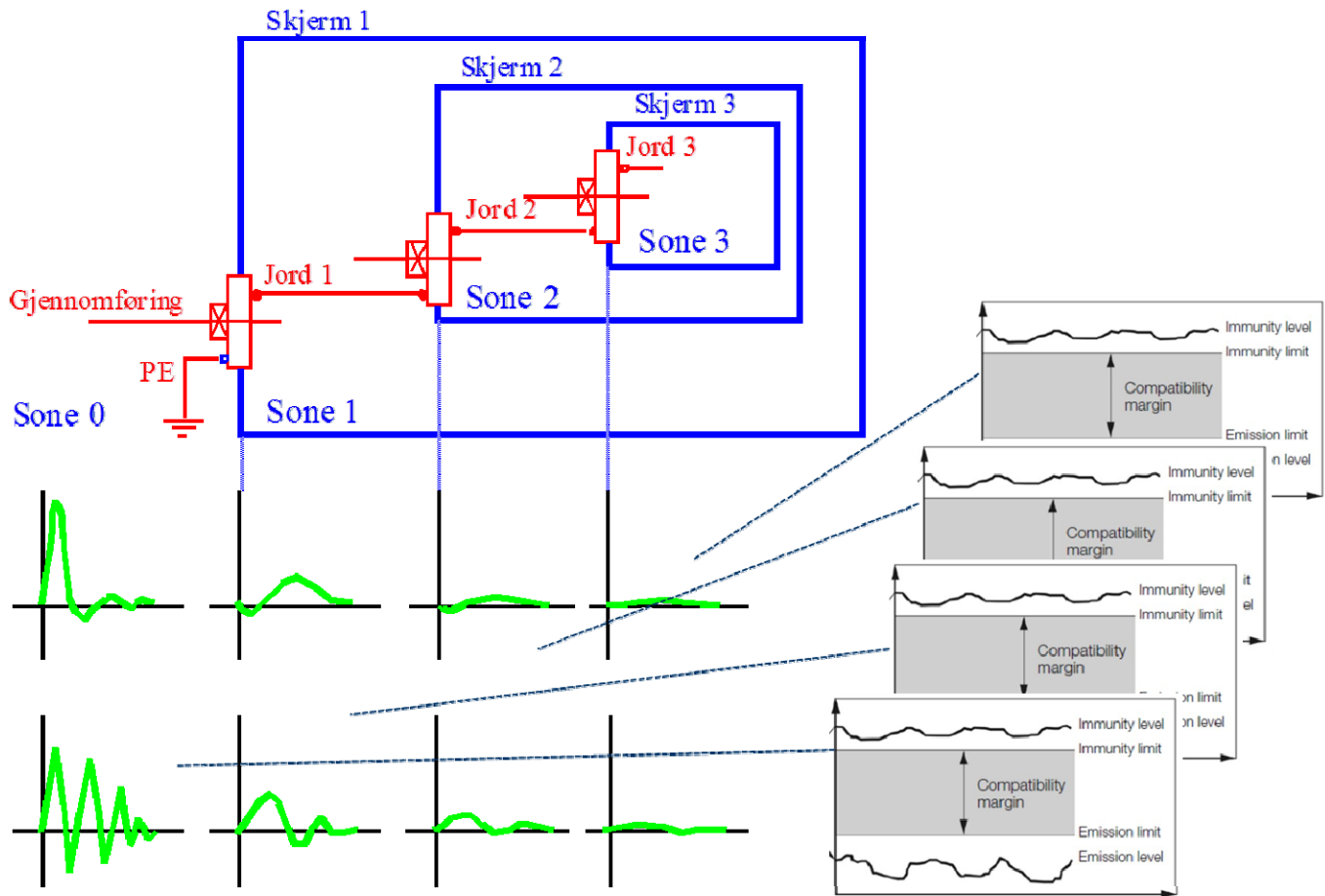
- Chassis (bokser eller skap)
- Elektrisk ledende armering i bygningskonstruksjoner.
- Ledende mekanisk konstruksjon eller stamme i et system.
- Ledende plategolv (datagolv).
- Jordplan på et kretskort.
- Godt ledende jordsmonn.
- Metallisk kabelbro.

**Praktisk eksempel på soneindeling (1):**



S1: Bygning av tre, armert betong, avstand  
 S2: Stativ av glissent metall, avstand  
 S3: Skjermboks av metall, avstand

## Praktisk eksempel på soneindeling (2):



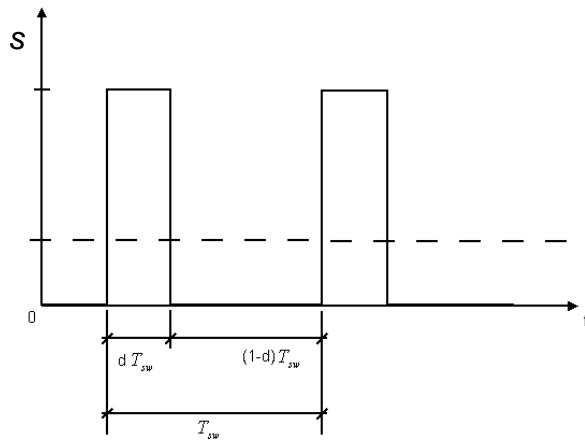
## Oppgave 3 Modulasjon (20%)

- Modulasjon er å la en størrelse (f.eks. en spenningsverdi) bli representert ved *en annen* størrelse (f.eks. signalfrekvens) i det overførte signalet.  
Demodulasjon er den motsatte prosessen, der vi gjenskaper den opprinnelige informasjonen (her: spenningsnivået) med utgangspunkt i det modulerte signalet.
- Analoge signaler er ofte vanskelige å forsterke og overføre med tilstrekkelig nøyaktighet.  
Mer presist formulert: vi søker å la informasjonen være representert med en størrelse som er
  - godt tilpasset overføringsmediets egenskaper og
  - robust ift. støy og andre eksterne, ikke-ideelle forhold i overføringen.
  - Dessuten finns en del målelementer som gir ut målesignal i form av et modulert signal, som følgelig må demoduleres for å ekstrahere informasjonen det opprinnelige målesignalet.

Eksempel:

Spenningssignalet fra et termoelement avhenger av temperaturen i elementet, og har derfor lave frekvenser som egner seg svært dårlig for direkte overføring via radio. Ved å la temperatursignalet modulere et høyfrekvent radiosignal, får vi overført temperaturinformasjonen i et frekvensbånd som er bedre egnet for radiooverføring. Med amplitudemodulasjon er overføringen fortsatt sårbar for damping og støy, men ved å bruke frekvensmodulasjon (FM) eliminerer vi langt på vei dette problemet også.

- Prinsippskisse av et pulsbreddemodulert signal s er vist nedenfor. Den stiplede linjen antyder signalets middelverdi; *denne kreves ikke i besvarelsen*.

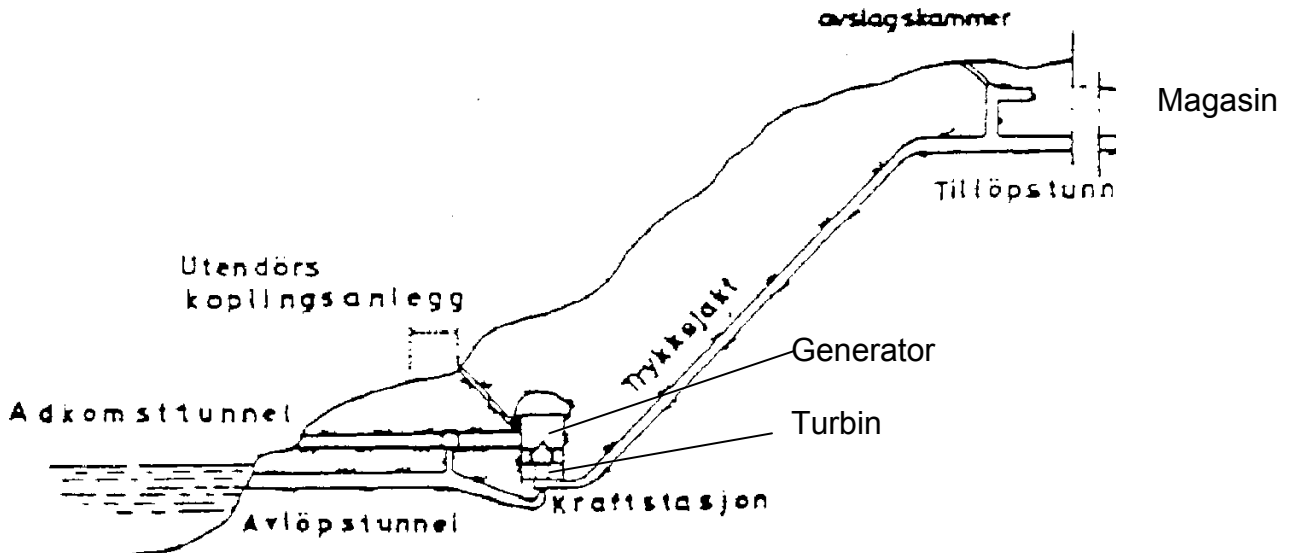


Duty cycle (dvs. den relative pulsbredden)  $d$  er den informasjonsbærende størrelsen.

- d) I det pulsbreddemodulerte signalet er det opprinnelig signalet tastet (samplet) og representert som diskrete pulser med varierende bredde. Samplingsfrekvensen må være minst dobbelt så høy som høyeste signalfrekvens for å kunne fange opp all informasjonen. Kravet er følgelig at det modulerte signalets svitsjefrekvens må være minst 10 kHz, eller ekvivalent:  $T_{sw} \leq 0,1 \text{ ms}$ . Hvis dette kravet ikke er oppfylt, oppstår fenomenet **nedfolding**.

## Oppgave 4 Kraftproduksjon og kraftfordeling (19%)

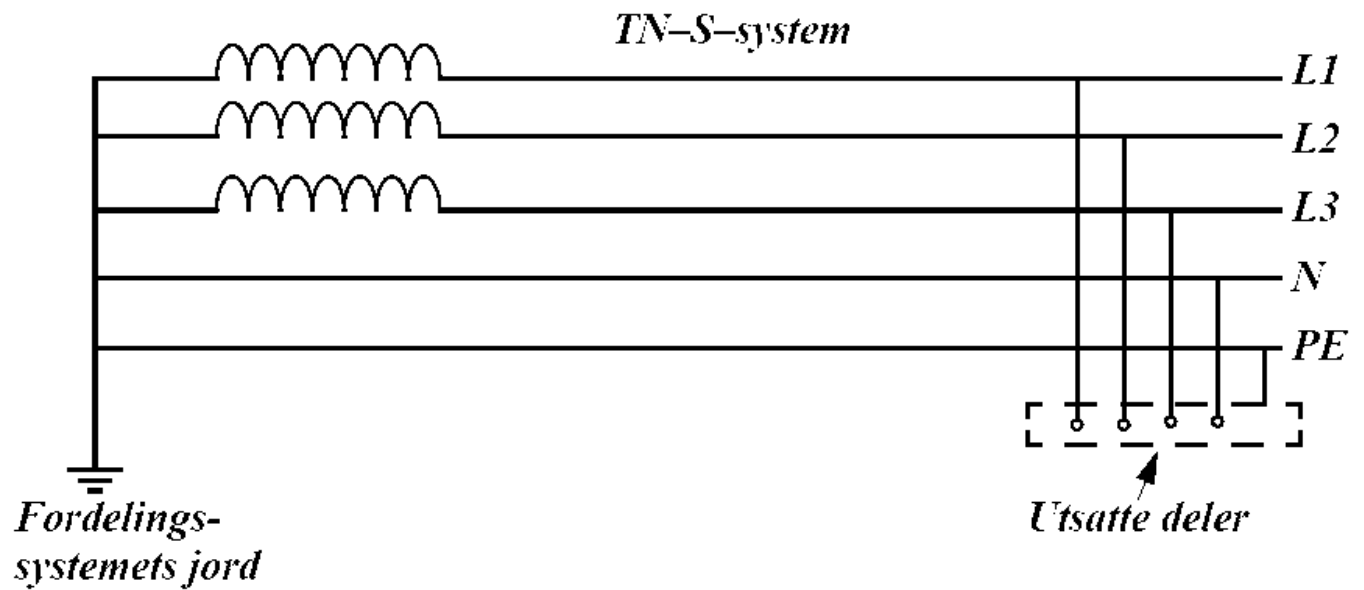
a) Skisse av et høytrykksanlegg:



Følgende essensielle detaljer kreves for full uttelling på denne oppgaven, da disse er umiddelbart nødvendige for at anlegget skal fungere:

- Magasin
  - Trykksjakt
  - Turbin
  - Generator
  - (Utendørs) koplingsanlegg
- b) Et lavtrykksanlegg har ingen signifikant trykksjakt, og har et mye lavere forhold mellom trykk (dvs. fallhøyde) og vannføring.
- c) Høyspenning benyttes for å redusere det ohmske effekttapet i overføringslinjene.  
Teoretisk:  
Gitt linjeresistans  $R$ . Da er effekttapet i selve linja gitt ved  $P_R = I^2 R$ , der  $I$  er strømmen som går i linja. Med konstant overført effekt  $P = UI$ , der  $U$  er linjespenningen, vil høyere spenning føre til lavere strøm, noe som gir redusert ohmsk tap.

d) TN-S-nett:



Forbrukeren kan hente ut **230 V** mellom hver av linjene  $L_1$ - $L_3$  og N-lederen (dvs. **fasespenningen**), og **400 V** mellom linjene  $L_1$ - $L_3$  parvis (linjespenninger).



## Oppgave 5 Motorer og motordrivere (20%)

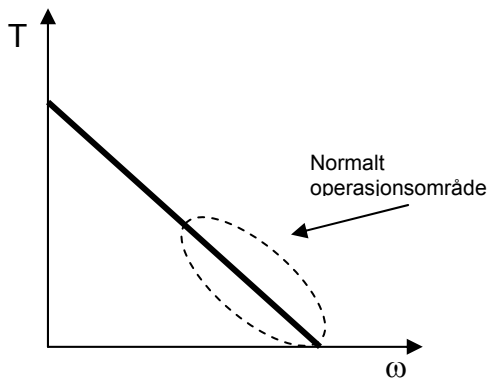
a) Moment-hastighetskarakteristikker for de angitte motorene vises nedenfor.

Symbolforklaringer:

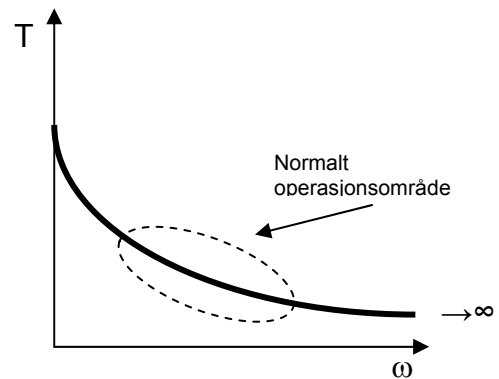
$T$  Motormoment

$\omega$  Vinkelhastighet (godtar også  $n$ , dvs. turtall [rpm])

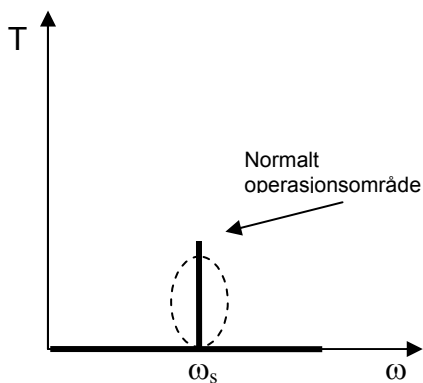
$\omega_s$  Synkronhastighet (godtar også  $n_s$ , dvs. synkront turtall [rpm])



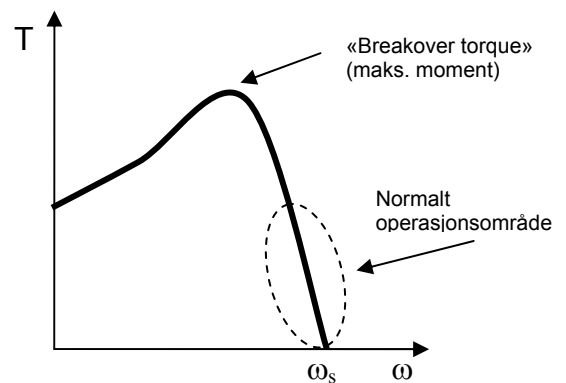
Permanentmagnetisert  
likestrømmotor



Seriemotor



Synkronmotor

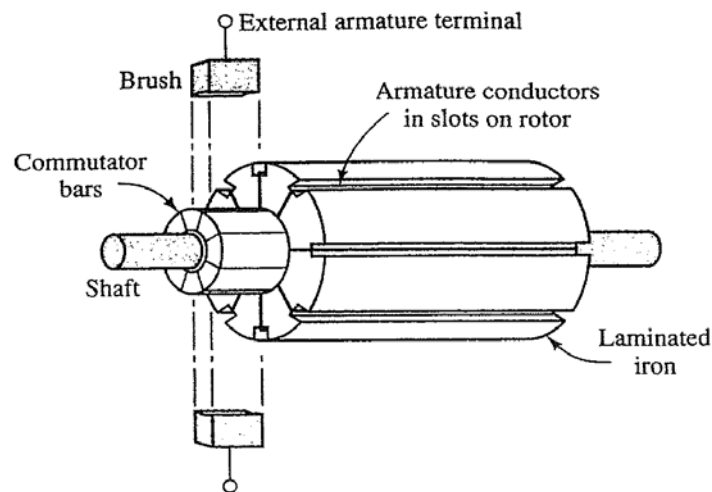


Asynkronmotor

b) En parallellmotor består av en statorvikling, en rotorvikling og en mekanisk kommutator. Stator- og rotorviklingene er koplet i parallell. Kommutatoren sørger for at rotor- og statorfeltet alltid står tilnærmet normalt 90 elektriske grader på hverandre slik at momentet opprettholdes.

Figuren nedenfor viser en skisse av rotor og kommutator; rotorviklingen ligger i sporene i

rotoren, mens statorviklingene er plassert omkring rotoren slik at statorfeltet står normalt på rotasjonsaksen.



- c) En énfaset induksjonsmotor har intet startmoment. For å oppnå et startmoment kan en benytte følgende to teknikker (oppgaven spør etter *én* av disse):

**Hjelpeviklinger** (engelsk: *auxiliary winding*) – en ekstra vikling plasseres f.eks. normalt på hovedviklingen. De to viklingene koples i parallell til en vekselstrømskilde. Hjelpeviklingen gis en annen impedans enn hovedviklingen, slik at strømmen i de to viklingene får en relativ fasevinkel. Dette skaper et roterende magnetfelt som i sin tur induserer strømmer i rotoren, slik at vi oppnår et moment. Når motoren har kommet opp i en viss hastighet kan hjelpeviklingen koples ut (f.eks. ved hjelp av en sentrifugalbryter), og motoren går videre med kun feltet fra hovedviklingen.

**Avskyggede poler** – en del av jernet i statorens poler omslutes av en kortsluttet *avskyggingsring*. Når hovedviklingens felt varierer, induseres det strømmer i avskyggingsringene som motsetter seg feltendringen og dermed skaper en relativ fasevinkel mellom feltet i den avskyggede og den uavskyggede delen av polene. Dette skaper netto et roterende felt på samme måte som ved bruk av hjelpevikling.

- d) Lineær motordriver:

- Regulerer motorpådraget ved å regulere driverens indre resistans slik at den gir det ønskede spenningsfall. Motoren «ser» kraftforsyningsens spenning minus driverens spenningsfall.
- Fordeler: enkle kretsløsninger, lite utstråling av høyfrekvent støy
- Ulempe: lav virkningsgrad

Svitsjet motordriver:

- Regulerer motorpådraget vha- pulsbreddemodulasjon e.l., der drivertransistorene alltid er enten helt «av» eller helt «på».
- Fordel: høy virkningsgrad
- Ulemper: mere utstrålt støy, noe mer komplisert kretsløsning.

e) Frekvensomformereren består av

- en **likeretter** som gjør om (én- eller trefaset) vekselspanning til likespenning,
- en **mellomkrets** som er kapasitiv for "spenningsmatede" frekvensomformere, og har til hensikt å **glatte** spenningen i mellomkretsen, samt
- en **vekselretter** som "hakker opp" likespenningen til vekselspanning med ønsket amplitude og frekvens. Vekselretteren har typisk trefase-utganger, men kan i prinsippet også ha én fase.

## Oppgave 6 Informasjonsteori (6%)

- a) Det sinusformede signalet inneholder ingen informasjon som ikke er kjent på forhånd, og bidrar altså ikke med noen ny informasjon. Hvitstøy-signalet er helt motsatt: hver nye tastede signalverdi er en ren overraskelse, og bærer derfor ny informasjon. Kilde  $s_1$  har følgelig høyest entropi/informasjonstetthet.
- b) Alfabetet kan kodes med (gjennomsnittlig) mindre enn  $m$  bits/symbol dersom symbolene i praksis opptrer med ulik hyppighet (sannsynlighet). Vi bruker da få bit til å representere de hyppigst forekommende symbolene, og desto flere bit for de sjeldne symbolene. Dette gir en netto gevinst.