

Elektriciteitsproductie en distributie

Xander Vandooren

November 7, 2024

Contents

1 Hoofdstuk 1:	1
1.1 Wat is energie:	1
1.2 Elektrische stroom:	1
1.2.1 Atomen:	1
1.2.2 Edelgassen:	2
1.2.3 Bindingen:	2
1.2.4 Elektrisch geleidend materiaal:	2
1.2.5 Geleiding:	2
1.2.6 Geleiders vs isolators vs halfgeleiders:	2
1.3 Spanning:	3
1.4 Elektrische lading en stroom:	4
1.4.1 Stroomkring:	4
1.5 Weerstand:	5
1.5.1 Serieschakeling van weerstanden:	5
1.5.2 parallelschakeling van weerstanden:	5
1.5.3 bij te grote spanning voor led:	5
1.6 Energie,verbruik en vermogen:	5
1.6.1 Het elektrisch verbruik:	6
1.6.2 Elektrisch vermogen:	6
1.7 Soorten Spanning en stroom:	6
1.7.1 Alternating Current (AC)	6
1.7.1.1 Periode	7
1.7.1.2 Frequentie	7
1.7.1.3 Cirkelfrequentie	8
1.7.1.4 Soorten vermogen:	8
1.7.1.5 Belang van $\cos(\phi)$ bij netverbruikers (230V AC)	9
1.7.1.6 Lineaire belasting:	9
1.7.1.7 Niet-lineaire belastingen:	9
1.8 3-fase systemen	9
1.8.1 Evenwichtig en symmetrisch	9
1.8.2 Niet-symmetrisch en niet-Evenwichtig	10
1.8.3 1-fase samenvatting:	10
1.9 Hoe komt het bij ons thuis?	10
1.9.1 Middenspanning naar laagspanning:	11

1.9.2	Ster vs driehoek:	11
1.10	Condensatoren en batterijen:	11
1.10.1	Wat zijn condensatoren?	11
1.10.2	Condensator op DC:	12
1.10.3	Condensator op AC:	12
1.10.4	gebruik condensatoren:	12
1.10.4.1	afvlakkingcondensator:	12
1.10.5	Batterijen:	13
1.10.5.1	Schakelen van batterijen:	13
1.11	Spoelen en magnetisme:	13
1.11.1	Wat is magnetisme:	13
1.11.2	Het magnetisch veld en veldlijnen:	14
1.11.3	Magnetische permeabiliteit:	14
1.11.4	Magnetische inductie:	14
1.11.5	elektromagnetisme:	14
1.11.6	Het EM veld rond een spoel:	15
1.11.7	Elektromagneet:	15
1.11.8	elektromagnetische schakelaar:	15
1.11.9	Stroomklem:	15
1.11.10	Spoel op DC:	15
1.11.11	Spoel op AC:	15
2	Hoofdstuk 2:	16
2.1	energieproductie:	16
2.1.1	Welke soort centrales bestaan er?	16
2.1.2	Belastingsfactor:	16
2.1.3	Black-out:	16
2.1.4	Rolling Black-out:	17
2.1.5	Brownout:	17
2.2	Centrale energieproductie:	17
2.2.1	Kerncentrales:	17
2.2.1.1	Werking:	18
2.2.2	Thermische centrale	18
2.2.2.1	Werking:	19
2.2.3	STEG centrale:	19
2.2.4	Hydro centrale	19
2.2.5	andere centrales:	19
2.3	Transport en distributie:	19

3	Hoofdstuk 3:	20
3.1	Leidingen:	20
3.1.1	inleiding:	20
3.1.1.1	Isolatie:	21
3.1.1.2	Codes & classificaties:	22
3.1.2	Plaatsingswijze:	22
3.1.3	Bedrijfstrom:	22
3.1.3.1	Gebruiksfactor:	23
3.1.3.2	Gelijktijdigheidsfactor:	23
3.1.4	Thermische belasting van een leiding:	23
3.1.4.1	voorbeeldoefeninge:	23
3.2	Investingsniveau en energiebesparing:	24
4	Beveiligingen:	24
4.1	Algemeen:	24
4.2	Differentieel schakelaar en plong/automaat	26
4.2.1	Differentieel schakelaar:	26
4.2.1.1	opbouw en werking:	26
4.2.1.2	Kenmerken:	27
4.2.2	Automaat/plong:	28
4.2.2.1	Fuse/zekering:	28
4.2.2.1.1	opbouw en werkingsprincipe:	28
4.2.3	Vermogenschakelaars:	29
4.2.4	Isolatiewachters:	33
4.2.5	Lastscheiders:	34
4.3	Beveiliging tegen overstroom:	34
4.4	Coördinatie:	36
4.5	Selectiviteit:	36
5	Verlichting (week 5):	37
5.1	Inleiding en begrippen:	37
5.1.1	Straling:	38
5.1.1.1	Stralingsflux of stralingsvermogen:	38
5.1.1.2	Daarom invoeren lichtstroom:	38
5.1.1.3	Verlichtingssterkte (van lumen naar lux):	39
5.1.1.4	Lichtsterkte:	39
5.2	CCT en CRI:	39
5.2.1	CCT:	39

5.2.2	CRI:	40
5.2.3	Toepassingen:	40
5.3	Lenzen en reflectoren	40
5.4	Verlichting in de praktijk:	40
5.5	Investerings:	42
5.5.1	Financiële analyse:	43
5.5.1.1	Opdracht:	43
5.6	Types:	44
5.6.1	Gloeilamp:	44
5.6.2	Halogeenlamp:	45
5.6.3	TL lamp:	46
5.6.3.1	Voordelen en problemen:	47
5.6.4	Spaarlamp:	48
5.6.5	LED:	48
5.6.5.1	Hoe bepalen we belastingskarakteristiek:	49
5.7	Sturing:	49
5.7.1	Sensoren:	50
5.7.1.1	Dali:	51
5.7.1.2	Zigbee:	52
5.8	Transformatoren:	52
5.8.1	Inleiding:	52
5.8.1.1	Elektromagnetisme:	52
5.8.1.2	Transformator:	54
5.8.2	Eenfasige transformatoren:	54
5.8.2.1	Bouw van eenfasige transformator:	54
5.8.2.2	Ideale eenfasige transformatoren:	55
5.8.2.2.1	Nullast:	56
5.8.2.3	Technische eenfasige transformator:	56
5.8.2.3.1	Belasting:	56
5.8.2.3.2	Verliezen transformator:	57
5.9	Vermogen en rendementen:	57
5.9.0.1	Serie en parallel schakeling:	58
5.9.0.2	Belang kortsluitspanning:	58
5.9.0.2.1	Oefeningen:	58
5.10 (.	59
5.10.1	Motoren:	59
5.10.1.1	efficiëntieclasses:	59
5.10.1.2	Inductiemotoren:	59

5.10.1.3 Opbouw:	60
5.10.1.4 Werking:	60
5.10.1.4.1 poolparen:	61
5.10.1.5 koppel-toerentalkarakteristiek:	62

1 Hoofdstuk 1:

1.1 Wat is energie:

De mogelijkheid om arbeid te verrichten of warmte te genereren.

- Kinetische energie (bewegingsenergie bv auto die rijdt)
- Potentiele energie (opgeslagen energie bv een opgetilde bal of opgespannen veer)
- Thermische energie (zoals warmte)
- Stralingsenergie (zonlicht, microgolf)
- Nucleaire energie (kernenergie)
- Chemische energie (opgeslaan in atomen, bv fossiele brandstoffen, batterijen)
- Elektrische energie (energie van bewegende ladingen om elektronische apparaten aan te drijven)

Energie kan niet gecreeerd of vernietigd worden, alleen omgezet van de ene vorm naar de andere (Wet van behoud van energie)

1.2 Elektrische stroom:

1.2.1 Atomen:

- Elektrische ladingen = fysieke eigenschap van deeltjes:
 - Protonen zijn positief geladen
 - Elektronen zijn negatief geladen
 - Neutronen zijn niet geladen
- Gelijke ladingen stoten af
- Tegengestelde ladingen trekken aan

voorbeeld: Een koolstofatoom is niet geladen omdat het 6 protonen en 6 elektronen heeft.

Elke atoom streeft naar stabiliteit (buitenste schil gevuld met e^-)

1.2.2 Edelgassen:

- Standaard buitenste schil volledig gevuld
- Stabiel op zichzelf
- Zal niet binden

1.2.3 Bindingen:

- Geen volle buitenste schil?
 - \Rightarrow ofwel Elektronen delen \Rightarrow covalente binding
 - \Rightarrow Ofwel/volledig afstaan/opnemen \Rightarrow ionen

1.2.4 Elektrisch geleidend materiaal:

Minstens 1 elektron dat 'los' zit (buitenste schil) = vrij elektron. Bij bindingen tussen zo een atomen worden overschotten losgelaten \rightarrow vliegt wat in het rond.

Natrium en koper hebben allebij 1 valentie e^- toch geleidt koper beter.

1.2.5 Geleiding:

- Stroom ontstaat wanneer er zich aan de ene kant e^- bevinden dan aan de andere kant in een gesloten circuit = potentiaalverschil.
- De kant met meer e^- 'duwen' de elektronen naar de andere kant met minder elektronen= stroom.

1.2.6 Geleiders vs isolators vs halfgeleiders:

- Geleider geleidt de stroom gemakkelijk = vrije elektronen op de buitenste schil.
 - alle metalen zijn goeie Geleiders
 - ook de aarde is een goeie geleider
 - supergeleiders bieden geen enkele weerstand tegen geleiding

* vooralsnog enkel mogelijk bij absolute nulpunt (-273 graden celsius)

- Isolatoren geleiden de stroom niet, of weinig.
 - Bijna of geen vrije elektronen op de buitenste schil
 - Rubber, glas, olie, . . .
 - Beschermt mens tegen elektrocutie
- Halfgeleiders situeren zich tussen geleiders en isolatoren
 - In normale toestand niet geleidend (Silicium)
 - Door dopering (toevoeging vreemde atomen) wel geleidend.

1.3 Spanning:

- Potentiaalverschil = spanningsverschil = spanning (U of E) in Volt (V)
- **Altijd** tussen 2 punten (Richting pijl naar grootste potentiaal)
- We zeggen dus altijd spanning over

Meten van spanning

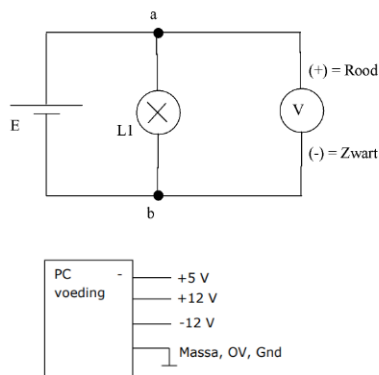


Figure 1: hoe spanning te meten met multimeter

1.4 Elektrische lading en stroom:

- De hoeveelheid elektrische lading (Q) in een systeem wordt uitgedrukt in Coulomb (C)
- $1 \text{ C} = \pm 6,24 \cdot 10^{18}$ aantal elektronen
- Elektrische stroom ontstaat wanneer deze ladingen beginnen te 'lopen'.
- Elektrische stroom is dus de hoeveelheid lading dat per seconde door een bepaald punt passeert = $\text{C/s} = \text{Ampere (A)}$.
- We zeggen dus altijd stroom door

Metten van stroom

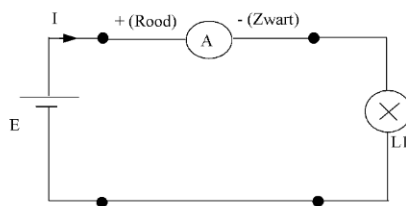


Figure 2: hoe stroom te meten met multimeter

1.4.1 Stroomkring:

Is een gesloten pad waarlangs elektrische ladingen kunnen bewegen (dus stroom voeren).

1.5 Weerstand:

In een stroomkring **moet** dus een verbruiker aanwezig zijn, iets dat de energie van de bron omzet in een andere energiesoort → Anders **kortsluiting**. Elektrische weerstand (R) is de tegenstand die stoffen bieden aan de stroom (Ω). Ook elektrische verbruikers bieden een weerstand tegen de stroom. $V = I * R$ hierbij is V uw spanning, I uw stroom en R uw weerstand. Je kan dit ook omvormen naar $R = U/I$ en $I = U/R$.

1.5.1 Serieschakeling van weerstanden:

Het potentiaal verschil zal zich verdelen over de weerstanden. De stroom door alle weerstanden is dezelfde → $I_1=I_2=I_3$. $U_1=I_1*R_1$, $U_2=I_2*R_2$, $U_3=I_3*R_3$

1.5.2 parallelschakeling van weerstanden:

potentiaal over alle weerstanden is dezelfde. stroom zal zich verdelen. $I_1=U/R_1$, $I_2=U/R_2$, $I_3=U/R_3$ Er kan geen stroom verdwijnen dus $I=I_1+I_2+I_3$.

1.5.3 bij te grote spanning voor led:

Indien je een led hebt met een maximum spanning van 1.2V en een maximum stroom van 0.03A maar je hebt een voeding (batterij van 5V) dan moet je een **voorschakelweerstand** plaatsen. In dit geval weten we dat er 1.2V over de led gaat dus is er nog 3.8V over die over onze voorschakelweerstand staat. We weten ook dat er maximum 0.03A mag staan op onze led dus we kunnen berekenen hoeveel ohm onze voorschakelweerstand zal zijn door $R = U/I$ te doen dus $3.8/0.03=126.7$ (127 ohm afgerond).

1.6 Energie,verbruik en vermogen:

Wanneer er stroom loopt door weerstand ⇒ warmte-ontwikkeling door botsing van elektronen. De hoeveelheid elektrische energie die daarmee verbruikt wordt is evenredig met de stroom, de weerstand en de tijd. $W = I^2 * R * t$ Hierbij is W ons verbruik, I onze stroom, R onze weerstand en t onze tijd.

Een omgevormde versie van deze formule is $W = U \cdot I \cdot t$ hierbij gebruiken we de spanning door de wet van ohm om te vormen. Elektrische energie wordt dus uitgedrukt in $V * A * s = W_s$ W_s (Watt* seconde)= Joule. Dit betekent dat een elektrische energie van 1Ws (1J) verbruikt wordt, wanneer een spanning van 1V gedurende 1s een stroom van 1A door de keten drijft.

1.6.1 Het elektrisch verbruik:

Het elektrisch verbruik zoals je ze op de energiefactuur terugvindt, is eigenlijk hetzelfde als de verbruikte elektrische energie. Echter wordt deze altijd in kWh uitgedrukt ipv in Ws.

1.6.2 Elektrisch vermogen:

Elektrisch vermogen (P) is de elektrische energie die per tijdseenheid wordt verricht ($J/s = W$)

- $P = W/t$ of $P = U * I$ dus $P = I^2 * R = U^2/R$

1.7 Soorten Spanning en stroom:

- Gelijkstroom-/spanning (DC)
 - Dezelfde richting (polariteit)
 - niet noodzakelijk constante waarde
 - * constant, variëren in tijd, periodiek herhalen
 - * vb. batterij
- Tijdsafhankelijke stroom-/spanning (AC)
 - Waarde afhankelijk van de tijd
 - * vb. wisselstroom-/wisselende stroom

1.7.1 Alternating Current (AC)

Wisselstroom-/spanning

- Periodische Tijdsafhankelijke grootte

- Belangrijk kenmerk: rekenkundig gemiddelde=0
 - Vorm speelt geen rol!
 - Rekenkundig gemiddelde $\neq 0$? Gemengde gesupersoneerde stroom samengesteld uit gelijk- en wisselstroom
- Piekwaarde (=amplitude)
 - Positief als negatief
 - Hoogste waarde ($I_{RMS} \times \sqrt{2}$)
 - Ogenblikkelijke waarde
 - * Op een bepaald ogenblik
 - * $\sqrt{2} \times I_{RMS} \times \sin()$
 - * RMS-waarde (=effectieve waarde)
 - Gelijkstroomwaarde van het signaal die in dezelfde tijd en in dezelfde weerstand dezelfde hoeveelheid warmte ontwikkelt
 - Root Mean Square:Wortel uit het gemiddelde van het kwadraat
- Gemiddelde waarde
 - Nooit over volledige periode bekijken!
 - De constante gelijkstroom-/ of spanning die er zou moeten vloeien om in dezelfde tijd van een halve periode in dezelfde weerstand dezelfde hoeveelheid elektriciteit te verplaatsen als de beschouwde wisselstroom.

1.7.1.1 Periode

- Tijdsduur in seconden tussen 2 opeenvolgende tijdstippen waarop de wisselgrootte op dezelfde wijze door 0 gaat of minimale,maximale waarde bereikt (20ms=1 periode).

1.7.1.2 Frequentie

- * Aantal perioden per seconde $f=1/t$ (Hz)

1.7.1.3 Cirkelfrequentie

- * Aantal radialen dat per seconde doorlopen wordt (1 periode = $360^\circ = 2\pi$ radialen)

1.7.1.4 Soorten vermogen:

- **Actief vermogen:**

- vermogen dat over een volledige periode verbruikt wordt
- nuttig vermogen
 - * Warmte van elektrische verwarming
 - * licht van gloeilamp
- Gewenste output van elektrisch toestel

- **Reactief vermogen:**

- Vermogen wordt niet gebruikt over een periode, toch moet installatie stroom kunnen dragen.
- Nodig voor magnetisme in elektrische machines, transformatoren, smoorspoelen,...
- Extra belasting voor de installatie
- Geen eenduidige formule (Budeanu, Fryze, Sharon)

- **Schijnbaar vermogen:**

- Product van RMS-waarde van de spanning en stroom
- Vermogen dat effectief dient geïnstalleerd te worden
 - * Bestaat zowel uit actief als reactief vermogen.

Bij particulier moeten we meestal actief vermogen betalen, bij bedrijven is dat meestal het Schijnbaar vermogen.

1.7.1.5 Belang van $\cos(\phi)$ bij netverbruikers (230V AC)

- $P=100\text{W}$ met $\cos(\phi)=1$ (dus $\phi=0$, of geen faseverschuiving) $P=U \cdot I \cdot \cos(\phi)=U \cdot I \Rightarrow I=P/U=100\text{W}/230\text{V}=0.43\text{A}$
- $P=100\text{W}$ met $\cos(\phi)=0.6$ (dus $\phi=53.13^\circ$) $P=U \cdot I \cdot \cos(\phi) \Rightarrow I=P/U \cdot \cos(\phi)=0.72\text{A}$
- Om het zelfde actief (of nuttig) vermogen te kunnen leveren moet er bijna 70% meer stroom lopen=meer opwarmen van de kabels= dikkere kabels nodig!
- $\cos(\phi)$ wordt ook wel de arbeidsfactor genoemd.

1.7.1.6 Lineaire belasting:

- Lineaire belasting onttrekken een **stroom die dezelfde vorm** heeft als de aangelegde spanning. Als de spanning vervormd is zal de stroom dit volgen!
- zowel resistief, capacitef als inductief of een combinatie van de 3.

1.7.1.7 Niet-lineaire belastingen:

- Niet-lineaire belastingen onttrekken een **een niet sinusoidale stroom** bij een sinusoidale spanning.

1.8 3-fase systemen

Drifasige systemen

- Grote vermogens- elektrische energie overbrengen met meerfasig spanningssystemen.

1.8.1 Evenwichtig en symmetrisch

- **Evenwichtig** driefasig lineaire systemen:
 - Spanningen en stromen hebben dezelfde amplitude en vorm $I_A=I_B=I_C$
- **symmetrisch** driefasig lineair systeem:
 - Fasehoeken gelijk aan elkaar (120° faseverschuiving onderling)

1.8.2 Niet-symmetrisch en niet-Evenwichtig

- Driefasig systemen- lineaire last
 - Symmetrisch en evenwichtig driefasig lineaire systemen: nulgeleiderstroom = 0
- Niet- symmetrische en evenwichtig driefasig lineaire systemen:

1.8.3 1-fase samenvatting:

1. Schakelaar open:

- spanning 230V over Schakelaar
- Geen stroom → lamp brandt niet

2. Schakelaar uit:

- Spanning weg over schakelaar (0V)
- Spanning over lamp=230V
- Stroom door cicrcuit=lamp brandt
- Stroom door bruine draad=stroom door blauwe
- Spanning bruin=230V,spanning blauw=0V ⇒ vermogen door bruin=230*I,door blauw=0W (geen spanning)
- energie van net naar lamp

1.9 Hoe komt het bij ons thuis?

voor grote vermogingstoepassingen in 3-fasen.

1. Hoogspanningsnet: +25KV 3-fasig.

↓

2. Middenspanningsnet: 10KV-25kV 3-fasig. (vaak ondergronds)

↓

3. Laagspanningsnet: 400V 3-fasen

1.9.1 Middenspanning naar laagspanning:

Dit is in ster. Als je tussen 2 lijnen meet krijg je 400V, als je fasen meet zal je 230V hebben. 1 fase met de nullijn is 230V. $U_{fase} = U_{lijn} / \sqrt{3}$

1.9.2 Ster vs driehoek:

- Ster configuratie - Bronzijde
 - Mogelijkheid tot nulgeleider (er is altijd gemeenschappelijk nulpunt) $\Rightarrow I_N = I_1 + I_2 + I_3$
 - symmetrisch evenwichtig systeem $I_N = 0 \Rightarrow$ Afhankelijk van lineaire of niet-lineaire systemen.
 - Verband tussen fase- en lijnspanning?
 - verband tussen fase- en lijnstroom?

Formules: $U_l = \sqrt{3} \times U_f$ In deze formule toont het aan dat U_l groter is dan uw fasespanning * $\sqrt{3}$ de vierkantswortel 3 toont aan dat we in 3 fasen bezig zijn en $I_f = I_l$.

- Driehoek configuratie: Bronzijde
 - Geen gemeenschappelijk nulpunt.
 - Verband tussen fase- en lijnspanning?
 - Verband tussen fase- en lijnstroom?

Bij driehoek zal $U_f = U_l$ maar de stroom zal dus $I_l = \sqrt{3} \times I_f$.

1.10 Condensatoren en batterijen:

We hoeven niet te weten wat Tau inhoudt/ 5 Tau voor deze les.

1.10.1 Wat zijn condensatoren?

- Elektrische component dat elektrische lading kan opslaan.
- 2 parallelle platen gescheiden door een dielektricum (isolator met doorslagspanning)

- Als condensator lading opneemt, stijgt de spanning
 - Vermogen om lading op te nemen= de capaciteit $[C]=C/V=\text{Farad}$ $[F]$. *Coulomb* $= A * s$ hier is A uw stroom en s uw tijd in seconden.
 - Voornamelijk gebruikt in elektronische filters en energieopslag (klein).

1.10.2 Condensator op DC:

Alle stroom kan in het begin door de condensator omdat er geen weerstand is over de condensator met dat er geen elektrische energie opgeslagen is. Als je de spanning van de bron afsluit als uw condensator vol is wordt uw condensator de bron tot uw condensator volledig is ontladen.

1.10.3 Condensator op AC:

In wisselspanning is uw condensator eerder een weerstand die constant op en ontlad. Hier wordt de condensator voornamelijk gebruikt om de stroom wat voor te laten lopen op de spanning. **De stroom ijlt hier voor.** De interne weerstand kan je berekenen met De formule hiervan is $X_C = 1/(2\pi * f * c)$ hierbij is f de frequency van uw netwerk (bij ons 50hz) en c de capaciteit van uw condensator in Farad.

1.10.4 gebruik condensatoren:

- Onstoringgscondensator
- Tijdschakelaar
- Afvlakkingen
- verbetering arbeidsfactor

1.10.4.1 afvlakkingcondensator: Bij een voeding gebruik je na uw transfo een bruggelijkrichter om de spanning naar DC om te vormen. Hierna gebruik je een afvlakkingcondensator om er voor te zorgen dat uw spanning niet constant wisselt.

1.10.5 Batterijen:

- Vaak door elkaar gebruikt met condensator.
- Levert energie dmv galvanische reactie (chemisch).
- Levert dus spanning die verminderd naarmate batterij ontlaaft.
- capaciteit is uitgedrukt in Ah (ampere-uur) \Rightarrow 1Ah= batterij kan 1 ampere voor 1 uur leveren.

1.10.5.1 Schakelen van batterijen:

- Serieschakelen:
 - 1 cel \rightarrow 1 tot 4V
 - Hybride omvormer heeft +- 50V ingangsspanning nodig.
 - Bij serie schakeling worden de spanningen opgeteld
 - Ah blijft gelijk
- Parallelschakelen:
 - Capaciteiten optellen
 - Spanning blijft gelijk
 - Opletten! 'Zwakste' batterij wordt opgeladen door 'sterkste'. Hiervoor gebruiken we een Battery management system (BMS) om te controleren/voorkomen dat dit gebeurt.

1.11 Spoelen en magnetisme:

1.11.1 Wat is magnetisme:

- Eigenschap van stoffen om bepaalde legereingen aan te trekken:
 - Natuurmagneten
 - Kunstmagneten of permanentmagneten
 - Elektromagneten
- Bestaan altijd uit een noord- en zuidpool

- Gelijknamige polen stoten elkaar af (N-N en Z-Z).
- Ongelijknamige polen trekken elkaar aan (N en Z).

1.11.2 Het magnetisch veld en veldlijnen:

- Magnetisch veld (H) is een veld dat de ruimte doordringt en een magnetische kracht op magnetische dipolen uitoefent of op elektrische ladingen.
- Eigenschappen van veldlijnen:
 - Gesloten baan!! van N naar Z
 - Veldlijnen kunnen elkaar niet snijden
 - Veldsterkte (H) overal verschillend
 - Sterkst aan de polen

1.11.3 Magnetische permeabiliteit:

- Best te vergelijken met stroom: magnetische veldlijnen volgen de weg met de minste magnetische weerstand (reluctantie <> weerstand)

Vaak zullen we voor elektronica die niet mag verstoord worden door magnetische golven een metalen ring rond zodat de golven door de ring gaan ipv door het elektronisch circuit.

1.11.4 Magnetische inductie:

- Magnetische inductie (beïnvloeding) is het magnetisch maken van een stuk staal door het bij een magneet te brengen. Remanent magnetisme (rest magnetisme) is het magnetisme dat in een stuk staal overblijft nadat het in een magnetisch veld is gebracht en terug verwijderd is.

1.11.5 elektromagnetisme:

- We kunnen een magnetisch veld opwekken dmv stroom

- De veldlijnen zijn in dit geval concentrische cirkels rondom de geleider
 - Rechterhand regel
- Verdwijnen als we de stroom terug stoppen.

1.11.6 Het EM veld rond een spoel:

- Luchtspoel (geleider ombuigen tot een lus)

→ EM veld wordt sterker in de lus!

1.11.7 Elektromagneet:

- Elektromagneet = spoel met een zachtstalen kern, dit is een tijdelijke magneet → klein remanent magnetisme

1.11.8 elektromagnetische schakelaar:

- Relais = elektromagneet + beweegbaar anker

1.11.9 Stroomklem:

Denk aan de CT's die we in smart building gebruiken die we over de kabel plaatsen. We kunnen de stroom meten zonder de kring te onderbreken door een magnetisch veld te meten die door de kabel opgewekt wordt. (hoe groter de stroom hoe sterker het magnetisch veld).

1.11.10 Spoel op DC:

- $P = I^2 * R_w$: omzetting van elektrische energie in warmte ten gevolge van de wikkelingsweerstand.
- $W = (1/2) * L * I^2$: Opgeslagen energie in het magnetisch veld

1.11.11 Spoel op AC:

Zorgt er voor dat onze stroom zal na ijlen op onze spanning. We kunnen condensatoren plaatsen om de stroom voor te laten ijlen. Dit is belangrijk zodat we een goeie $\cos(\Phi)$ krijgen.

2 Hoofdstuk 2:

2.1 energieproductie:

2.1.1 Welke soort centrales bestaan er?

- Kerncentrale
 - 50% komt van kerncentrales
- Thermische centrale
- STEG centrale (Steam and gas)
 - 30% komt van stoom en gas.
- Hydro centrale
- ...
- decentrale productie:
 - 15% ongeveer

Elektriciteitsverbruik blijft nog altijd hoog door de elektrificatie → warmte pompen, elektrische voertuigen,...

2.1.2 Belastingsfactor:

gas heeft een relatief lage belastingsfactor omdat we ze makkelijk kunnen uitschakelen.

2.1.3 Black-out:

- Volledige onderbreking van het vermogen in een bepaald leveringsgebied.
- Zonder waarschuwing en is van onbepaalde duur.
- Typisch veroorzaakt door een plots onevenwicht in belasting en productie.

2.1.4 Rolling Black-out:

2.1.5 Brownout:

2.2 Centrale energieproductie:

- Vraag != aanbod (ogenblikkelijk)
- Eis = stabiel net:
 - Primaire regeling
 - * Gevraagd vermogen gelijk aan geleverd vermogen
 - * Regeling output van centrales
 - * Activering na enkele seconden tot uiterlijk 30 seconden
 - * Tekorten of uitval stuk primaire regeling \Rightarrow meer leveren door units.
 - * Frequentieregeling net
 - Secundaire regeling (Turbojet, Coö)
 - * Extra vermogen door onvoorziene uitval van primaire regeling of een groot tekort zodat frequentie 50hz bedraagt.
 - *

2.2.1 Kerncentrales:

- Verschillende types kerncentrales:
 - PWR: Drukwaterreactor of hogedrukreactor (merendeel centrales)
 - BWR: Kokendwaterreactor (Fukushima)
 - RMBK: lichtwater-gekoelde grafiet gemodereerde reactor (Tsjernobyl)
- Thorium als groene vervanger voor Uranium?
 -

2.2.1.1 Werking:

- Gebaseerd op kernsplitsing (Splitsen van zware atomen zoals uranium)
- Ontstaan van warmte die water omzet in stoom onder hoge druk en temperatuur (thermische energie)
- De stoom kan een turbine aandrijven (mechanische energie)
- Alternator zal mechanische energie omzetten in elektrische energie.

Kan is groot dat we een van de soorten Centrales als examen vraag krijgen!

- Voordelen:
 - Continue elektriciteitsproductie (24/24)
 - Niet afhankelijk van eindige fossiele brandstoffen
 - 1 van de goedkoopste manieren om elektriciteit te produceren
 - geen CO₂ uitstoot
 - Grote reserves Uranium, veel productie met weinig Uranium mogelijk
- Nadelen:
 - Niet flexibel (Trage opstart en niet snel regelbaar)
 - radioactief afval
 - Redelijk laag rendement (30 a 36%)

2.2.2 Thermische centrale

Gevoed van fossiele grondstoffen zoals kolen, aardolie of gas

- Ook mogelijk met biomassa (CO₂ neutraal).

Oudste centrale in het energielandschap van België

- Basis van andere centrales

2.2.2.1 Werking: Rankine-Cyclus principe

- Verbranding van fossiele grondstoffen in de stoomketel
- Hete rookgassen
-

2.2.3 STEG centrale:

Werking :Gasturbine bestaat uit compressor,verbradingskamer en turbine:

- Compressor zuigt gefilterde lucht aan, perst deze samen onder hoge druk en stuurt deze naar de verbrandingskamer.
- Aardgas toevoegen aan de gecomprimeerde lucht (gasmengsel) voor ontbranding mogelijk te maken.
- Bij verbrandingsproces komt er een gasstroom vrij onder hoge druk (>10 bar) en een hoge temperatuur (>1000C)

2.2.4 Hydro centrale

Werking: – IN belgie enkel Centrale van Coo

2.2.5 andere centrales:

2.3 Transport en distributie:

Centrale opwekking bestaat uit verschillende units:

- Voeden gevraagd lastprofiel:
 - Profielen van last worden zo goed als mogelijk nagebouwd door verschillende technieken
 - Reserve inbouwen
- Transporteren met zo weinig mogelijk verlies (driefasige AC)
 - Joule verliezen (weerstand van de geleider)
 - Spanningsval

Skins-effecten → alles wordt in de kabels naar buiten geduwd (AC heeft een groter verlies dan DC)

De reden waarom we AC gebruiken is omdat we gemakkelijk van 400V AC naar 400kV AC kunnen gaan met een transformator (transfo heeft altijd al hoog rendement gehad) nu is rendement 99% en vroeger was dat al 95%. Bij DC was het moeilijker vroeger om dit omte vormen omdat het rendement veel lager was voor zo een generators bvb max 50% nu is dat ook wel ongeveer 95% rendement voor DC.

- Nemo-link: Eerste langeafstands HVDC verbinding tussen België en Verenigd-Koninkrijk.
- Hoe dichterbij de klant, hoe lager het spanningsverschil
 - Afhankelijk van het type klant (industriële of particulier)

3 Hoofdstuk 3:

3.1 Leidingen:

3.1.1 Inleiding:

- Elektrische verbinding tussen verschillende delen van de elektrische installatie.
- Kiezen van de juiste geleideres beschreven in AREI en gebaseerd op internationale norm.
- Toelaatbare stroom in een leiding wordt bepaald door:
 - Opwarming van de geleiders leidt tot een temperatuur van de isolatie die niet groter wordt dan deze die de isolatie gedurende onbepaalde tijd kan verdragen zonder haar eigenschappen in gevaar te brengen.
- Leidingen:
 - Eisen keuze juiste geleider:

- * Toelaatbare stroom \geq Bedrijfsstroom (stroom vereist voor toepassing).
 - * Spanningsval onder normale omstandigheden verenigbaar met de bedrijfszekere werking van de toestellen.
 - * Elektrodynamische invloeden die kunnen voorkomen in geval van kortsluiting en andere mechanische invloeden brengen de veiligheid niet in gevaar.
 - * Waarde van de impedantie moet verenigbaar zijn met de werking van de beveiligingen.
- Voorbeeld opbouw kabel:
 1. Kern
 2. Isolerend omhulsel
 3. Vulling (om de doorsnede rond te maken)
 4. Isolerende mantel
 5. Metalen mantel
 - Staal:mechanische bescherming
 - Lood:waterdichting
 6. Isolerende mantel tegen corrosie en potentiaalverspreiding

3.1.1.1 Isolatie:

- Zowel de elektrische, thermische als fysische eigenschappen zijn van belang.
- Levensduur installatie wordt in hoofdzaak bepaald door kwaliteit isolatie.
- Beperkende factor voor stroombelastbaarheid kabel $\rightarrow T_{max}$.
- Buisleidingen:
 -
- StroomRails:
 -

3.1.1.2 Codes & classificaties:

- Internationale aanduiding vereist fabricage kabels in verschillende landen
- Code met 9 aanwijzingen:
 - enkel de laatste 4 moeten wij kennen (6,7,8,9)
 - * 6: welk soort kabel heb je (S=soepel,R=rigide) is bvb of ze goed flexibel zijn
 - * 7: het aantal geleiders
 - * 8: Beschermingsgeleider
 - * 9: Geleiderdoorsnede (dikte van kabel). bvb 1,5mm ofzo

3.1.2 Plaatsingswijze:

Gewoon weten dat regelgeving voor is.

3.1.3 Bedrijfstrom:

Stroom die toepassing nodig heeft, Ib

- Doorlopend bedrijf:
 - Grootste stroomsterkte die in normale omstandigheden in de stroombaan vloeit
- Onderbroken bedrijf:
 - Thermisch gelijkwaardige stroom die bij doorlopend bedrijf de samenstellende delen van de stroombaan op dezelfde temperatuur zou brengen (RMS-stroom) RMS is om aan te tonen hoeveel DC stroom/spanning je moet hebben voor zelfde resultaat en staat voor root mean square ($\sqrt{2}$)
- Om installatie te dimensioneren moet een beel kunnen gevormd worden van de totale bedrijfsstroom die zal vloeien in een installatie.
 - Som van alle bedrijfsstromen zou leiden tot een zware overdimensionering.

- Rekening houden met:
 - * Gebruiksfactor Kfactor
 - * Gelijktijdigheidsfactor: Kgelijktijdig
 - * Uitbreidingsfactor: Kuitbreiding

3.1.3.1 Gebruiksfactor: gebruiksfactor Kgebruik:

- $k_{\text{gebruik}} = \frac{\text{gebruiktvermogen aangekoppeld toestel}}{\text{maximaalvermogen}}$
- Kan variëren van 0,3 tot 1
 - Vb. van een lamp wordt er verwacht dat hij altijd op zijn nominaal vermogen werkt.

3.1.3.2 Gelijktijdigheidsfactor: Gelijktijdigheidsfactor Kgelijktijdig:

-
- Monofasige kringen: $I_b = (P_e / (U_f * \cos(\Phi))) * k_{\text{gebruik}} * k_{\text{gelijktijdig}} * k_{\text{uitbreiding}}$
- Driefasige kringen: $I_b = (P_e / (\sqrt{3} * U_f * \cos(\Phi))) * k_{\text{gebruik}} * k_{\text{gelijktijdig}} * k_{\text{uitbreiding}}$

3.1.4 Thermische belasting van een leiding:

Er zal wss een oefening op het examen zijn van het kiezen van dikte kabel met uw stroom met specifieke factoren.

- correctiefactor thermische weerstand van de grond
- correctiefactor harmonische stroom.

3.1.4.1 voorbeeldoefeninge:

- Gegeven:
 - Bedrijfstroom (I_b)=100A
 - 3G koper (dus 3 geleiders)

- multipolaire kabel PVC
- Enkele laag op kabelladder met 5 andere kabels
- Omgevingstemperatuur 40 graden.
- oefening:
 - We zitten in factor E voor kabels en de rechter kolom. We weten dat we een I_b van 100A hebben dus moeten we een kabel van 25 mm^2 hebben. dus $S=25 \text{ mm}^2$
 - onder standaardcondities is dit genoeg maar de standaardcondities zijn niet voldoende!
 - er zijn in totaal 6 kabels (5+1) bij enkele laag op de ladder heb je 0,79 dus correctiefactor 1 is 0,79 $\rightarrow k_1$.
 - Correctiefactor is de Omgevingstemperatuur van 40 graden. omdat we een PVC kabel hebben Bovengronds wordt onze tweede correctiefactor 0.87 $\rightarrow k_2$
 - nu zal onze $I_b' = \frac{I_b}{k_1 * k_2} \Rightarrow 153A$ dus nu moeten we zeker een dikkere kabel nemen omdat onze I_b groter is.
 - als we terug naar de tabel gaan zien we nu dat onze $S=50 \text{ mm}^2$

Oppassen met piekstroom. stroom-tijd diagram verstaan.

3.2 Investingsniveau en energiebesparing:

Leiding met grote stroomdichtheid: \rightarrow **Leiding kan veilig zijn uit thermisch standpunt**, maar tevens zeer energieverslindend door grote stroomdichtheid. Als je op een grensgeval zit bij een kabel is het beter om de dikkere kabel te nemen zodat je minder verlies hebt.

4 Beveiligingen:

4.1 Algemeen:

Beveiligen van leidingen: Het vermijden van te grote opwarming bij:

- Overstromen:

- * Groter dan nominale stroom: maar die gedurende niet al te lange tijd toegelaten kunnen worden (vb. Opstarten inductiemotor).
- * Overstroom te lang aanwezig: installatie moet afschakelen omdat levensduur van de leidingen sterk verminderd wordt.
- Kortsluitstromen:
 - * Dit zijn heel grote stromen die snel moeten onderbroken worden. Ontoelaatbare warmte veroorzaakt in erg korte tijd.
- Een leiding die een te hoge temperatuur heeft gehad moet vervangen worden:
 - * Gepaard met veel manuren = hoge kostprijs.

Elektrische leidingen en circuits moeten op een veilige manier in en uit bedrijf te nemen zijn, hiervoor bestaan verschillende soorten schakelaars:

- Scheiders:
 - zichtbare scheiding van een stroombaan
 - Enkel openen zonder stroom, een nullaststroom van een transfo is reets
- Magneto thermische automaten:
 - kunnen zowel lage als Kortsluitstromen onderbreken
 - Uitschakeldrempels zijn niet instelbaar
- Vermogenschakelaars:
 - Kunnen zowel lage als kortsluitstromen onderbreken
 - Bevatten 1 of meerdere instelbare Uitschakeldrempels
- Smeltveiligheden in smeltpatroonhouders:
 - Kunnen overbelastingstromen en/of kortsluitstromen onderbreken, afhankelijk van het soort smeltveiligheid.

Magnetische schakelaars worden meestal gebruikt voor kortsluitstromen.

4.2 Differentieel schakelaar en plong/automaat

4.2.1 Differentieel schakelaar:

uw differentiaal schakelaar is om verlies te detecteren (voornamelijk om mensen te beschermen). werkt op 300mA en in vochtige ruimtes 30mA. 1 differentiaal is genoeg voor al uw stopcontacten etc in uw huis. enkel voor uw badkamer heb je een aparte differentiaal nodig.

4.2.1.1 opbouw en werking:

- Isolatiefout
 - Fout tussen geleidend deel en aarde (foutstroom via ongewenst pad)
- Stroomen moeten gedetecteerd en uitgeschakeld worden
- Synoniemen als verliesstroomschakelaar of aardlekschakelaar
- **Opgelet:**
 - Differentieelinrichting: Detecteert een lekstroom
 - Differentieelschakelaar: Detecteert een lekstroom en onderbreekt
 - Differentieelautomaat: Detecteert lekstroom, overbelasting, kortsluitingen en onderbreekt
- Nettostroom door spoelen met m windingen gelijk aan 0
 - $I_U = I_N$, er loopt geen flux in de ringkern
- Stroom naar de aarde, flux wordt veroorzaakt
- Resulterende flux induceert spanning in een spoeltje dat gewikkeld is rond dezelfde ringkern
 - Voedt de bekrachtigingsspoel van de elektromagneet
 - Elektromagneet is in staat om ontgrendelingsmechanisme te activeren

4.2.1.2 Kenmerken:

- Nominale stroom I_n
 - Maximale stroom die de differentieel continue mag voeren
- Afschakelstroom $I_{\Delta n}$
 - Is de waarde van de kleinste aardlekstroom waarbij de differentieel de stroombaan onderbreekt
 - De vereiste gevoeligheid is afhankelijk van de aardingsweerstand van de massa's, de aardingsweerstand van de transfo en de omgevingstoestand
 - 30, 100 en 300 mA zijn de meest voorkomende waarden bij residentiële woningen
- Onderbrekingsvermogen I_{max}
 - Heel wat lager dan bij zekeringen of automaten. Differentieelschakelaars worden meestal voorzien in combinatie met vermogensschakelaars die wel grote stromen kunnen onderbreken
- Nominale spanning U_n
 - Hoogste nominale spanning van het net waarop de schakelaar mag gebruikt worden
- Tijd-stroomkarakteristiek:
 - Enige karakteristiek die gedefinieerd wordt
 - Uitzetten van tijd waarin de differentieelschakelaar afschakelt in functie van de verliesstroom
 - Vanaf de gevoeligheidsgrens geldt een bepaalde maximale onderbrekingstijd, vastgelegd in de norm IEC 60364.
 - De differentieel kent ook een minimale reactietijd, typisch 40 ms.
 - Bij tijdsvertragende differentieelschakelaars kan de tijd-stroomkarakteristiek aangepast worden

Uitvoering residentieel:

- 300mA voor algemene installaties
- 30mA voor alle vochtige ruimtes
- 100mA voor circuits voor vloerverwarming

4.2.2 Automaat/plong:

Is bedoeld om uw kabels en uw toestellen te beschermen. werkt op bvb 21A. Automaat kijkt of dat je stroom niet te hoog is.

4.2.2.1 Fuse/zekering: Oudere primitievere manier van automaat die doorsmelt als de stroom te hoog wordt. Dit wordt wel nog veel gebruikt bij elektronica. Je kan checken dat uw fuse doorgesmolten is door met een multimeter te checken voor weerstand, als het piept werkt uw fuse nog anders moet je hem vervangen.

4.2.2.1.1 opbouw en werkingsprincipe:

- Beveiligingen tegen overstroom en kortsluitstroom:
 - Gekalibreerd element (smeltdraad of -strip) onderbreekt de stroom bij overschrijding stroomwaarde ifv tijd
- werkingsprincipe:
 - zwakste schakel van de kring
 - Te hoge stroom zal de temperatuur van de smeltdraad opwarmen tot het smeltpunt (>1000 graden)= smelttijd.
 - Wanneer smeltlichaam in 2 delen is gesmolten, begint de boogtijd

Totale schakeltijd = smelttijd + boogtijd Zekeringen liefst niet al te hoge weerstand want een weerstand vermindert uw stroom dus zal je verlies hebben.

4.2.3 Vermogenschakelaars:

Automatisch werkende schakelaar die het elektrisch circuit **beveiligt** tegen schade door overstroom of kortsluiting.

- Moet niet vervangen worden na onderbreking
- Kan meerpoleig onderbreken, terwijl de smeltveiligheid maar 1 fase kan onderbreken
- Duurder en bevatten onderdelen die onderhevig zijn aan slijtage (aantal afschakelingen is gelimiteerd).

Thermisch afschakelprincipe (=traag)

- Plooi bimetaal B dat in serie staat met de te beveiligen stroomkring
 - Een bimetaal is een zoals de naam zegt een metaal die uit 2 metalen bestaat, dus de 2 metalen reageren anders op verandering in temp etc.
- Door de temperatuursverandering veroorzaakt door de stroomdoorgang plooi het bimetaal, waardoor een hefboom wordt ontgrendeld
- Veer duwt met grote kracht het contact open
- Gebruikt voor trage afschakeling ($>0.1s$) van kleine overstromen (bv. overbelasting)

Elektromagnetisch afschakelprincipe (=snel)

- Spoel in serie met de te beveiligen stroomkring
- Weekijzeren kern is beweegelijk en zit slechts gedeeltelijk in de spoel
- Hoe sterker de stroom in het circuit, hoe meer de kern in de spoel wordt gezogen en het staafje S, A omhoog duwt
- Stroomkring kan onderbroken worden, wordt gebruikt bij grote overstroom:
 - aantrekking is op reluctantie gebaseerd en vrijwel kwadratisch met de stroom

- Fysische tijd nodig om te onderbreken

Kenmerken:

- Nominale stroom [A]
 - Stroom die de vermogenschakelaars oneindig lang kan voeren
- Nominale spanning U_e [V]
 - Is de hoogste nominale spanning van het net waarop de schakelaar mag gebruikt worden
- Isolatiespanning U_i [V]
 - Is de spanning die de schakelaar gedurende lange tijd kan verdragen
- Stootspanning U_{imp} [V]
 - Is de spanning die schakelaar gedurende korte tijd kan verdragen (vb. Blikseminslag)
- $I^2 t$ -waarde
 - Maat voor de doorlaatenergie die stroomafwaarts gelegen toestellen moeten kunnen doorstaan, alvorens de vermogenschakelaar het circuit onderbreekt (we moeten zorgen dat deze waarde niet te hoog is want eenmaal als de schakelaar of fuse etc werkt kan dit nog altijd schade aan uw kabels doen).
- Conventionele niet-aanspreekstroom I_{nf} [A]
 - Stroom die de vermogenschakelaar gedurende bepaalde tijd kan weerstaan
- Conventionele aanspreekstroom I_f [A]
 - Stroom die de vermogenschakelaar binnen bepaalde tijd moet weerstaan
- Magnetische uitschakelstroom I_m [A]

- Stroom waarbij de automaat elektromagnetisch uitschakelt. Meestal uitgedrukt als een veelvoud van I_n .
- Stroom groter dan dit worden beschouwd als kortsluitstroom en worden zeer snel afgeschakeld (10ms)
- Ultiem onderbrekingsvermogen $[kA]$
 - Grootste kortsluitstroom die de vermogensschakelaar minstens 1 keer veilig kan onderbreken (kan zijn dat hij na die ene keer kapot is).
- Bedrijfsonderbrekingsvermogen I_{cs}
 - moet meermaals na elkaar veilig onderbroken kunnen worden
 - Voor nieuwe toestellen geldt meer en meer dat het bedrijfsonderbrekingsvermogen=ultiem onderbrekingsvermogen
- Korteduurstroom I_{cw}
 - Stroom die kan gevoerd worden gedurende bepaalde tijd zonder dat de goede werking van het toestel verstoord wordt.
- Normering
 - Belangrijk verschil tussen residentiële en industriële norm:
 - * IEC 60898-1 legt bepalingen vast voor overstroombeveiliging in huishoudelijke of aanverwante installaties zoals tertiële gebouwen
 - * IEC 60947-2 legt bepalingen vast voor een industriële installatie.
- Tijd-stroomkarakteristiek (Thermisch gebied)
 - Onderbrekingsduur in functie van de stroom
 - Deel van het thermisch relais en deel van het elektromagnetische afschakeling
 - Vanaf een stroom hoger dan de magnetische drempel I_m schakelt het toestel magnetisch uit

- Eveneens bepaalde onzekerheid op de uitschakelcurve (I_{nf} vs. I_f)
- Tijd-stroomkarakteristiek (magnetisch gebied)
 - Residentiële automaten (IEC 60898)
 - * Verschillende types, naargelang de magnetische uitschakeldrempel
 - * Thermisch gedrag is hetzelfde voor zowel curve B, C of D
 - * Residentiële kringen worden meestal beveiligd met een type C automaat
 - * D wordt meestal in de industrie gebruikt voor zware machines apparaten B wordt amper gebruikt.
 - Industriële automaten (IEC60947-2)
 - * Marge voor magnetische uitschakeling wordt gedefinieerd als $I_m \pm 20\%$
 - * Magnetische uitschakelstroom varieert naargelang het type van de automaat
- Doorlaatkarakteristiek
 - Geeft de stroombegrenzende werking weer van vermogenschakelaars.
 - Optredende kortsluitstroom beperken (kleiner dan werkelijk zou vloeien)
 - IEC 60898-1 definieert de maximale doorgelaten energie I^2t per energiebeperkingsklasse
 - * Waarden vermenigvuldigen met 120% voor vermogenschakelaars van 40A en groter
 - Norm stelt dat in een huishoudelijke installatie alle vermogensschakelaars van klasse 3 moeten zijn.
- Energiekarakteristiek
 - Ook wel I^2t karakteristiek genaamd
 - * Voor overbelasting kent deze eerst een dalende kromme, veroorzaakt door het thermisch relais

- * Stroom groter dan de magnetische drempel I_m daalt de doorgelaten energie aanzienlijk
- * Nadien stijgt de stroom terug omdat er een minimale tijd nodig is om de contacten te openen, onafhankelijk van de grootte van de stroom \Rightarrow Bij niet-stroombegrenzende schakelaars neemt de energie toe met het kwadraat van de stroom \Rightarrow Bij stroombegrenzende schakelaars is dit niet zo, de maximale doorgelaten stroom warmteimpuls wordt door constructeurs weergegeven als functie van de kortsluitstroom en de netspanning

4.2.4 Isolatiewachters:

- IT-net: Hier hebben we bij de grond van de transfo een grote weerstand (impedantie) die de lekstroom beperkt die binnen komt (zorgt ervoor dat uw differentieel niet direct uitvalt) als er toevallig nog een toestel is die ook een lekstroom heeft zal uw lekstroom gaan waar het minste weerstand zitten dus dan zal uw differentieel wel uitvallen (Dit wordt meestal gebruikt in ziekenhuizen ofzo).
- TN-net: hierbij kan het zijn dat je PEN kabel hebt die dan de lekstroom van uw machines opneemt en via de nullijn terug stuurt naar uw transfo. (dit komt meer voor bij industrie)
- TT-net: als er lekstroom is zal het naar de aarding gaan en dan zal de stroom van ons residentiële net via de aarding terug gaan door de aarding van de van de transfo (groene kabine) terug in uw ster systeem. (dit komt meestal voor bij residentiële gebouwen) lekstroom zal hier redelijk groot zijn.
- Isolatiefout in een IT-net
 - IT-netten worden slechts erg lokaal aangewend op die plaatsen waar het eventueel wegvallen van de spanning niet tolereerbaar is.
 - * Bij een eerste fout is er geen mogelijkheid tot vormen van een foutlus -transformator geïsoleerd of geaard is over een impedantie die voldoende groot is.

- * Opgelet, bij 2de fout ontstaat wel een grote foutstroom waardoor de installatie uitgeschakeld zal moeten worden. Dit gebeurt via, automaten of zekeringen al dan niet in combinatie met differentieelschakelaars.
- Isolatiewachter waakt over het net en geeft een melding bij een 1ste fout. Zo is er de tijd om de fout te vinden en continuïteit te garanderen.

4.2.5 Lastscheiders:

Wordt vooral gebruikt om er voor te zorgen dat specifieke schakelaars niet te warm worden als ze aan/af gezet moeten worden.

4.3 Beveiliging tegen overstroom:

Beveiliging van leidingen tegen overbelasting

- AREI Onderafdeling 4.4.3.2 - 3 voorwaarden waaraan gelijktijdig moet voldaan worden
 - $I_b \leq I_n \leq I_z$
 - $I_n \leq 1,15 \times I_z$
 - * Beveiliging kan niet 100% zeker reageren op een bepaalde overstroom binnen een zekere tijd, vandaar de begrippen I_n en I_f
 - * $I_f \leq I_z$ (totale beveiliging, veel te streng)
 - Elke overbelasting van de leiding zou onmogelijk zijn
 - * $I_n < I_z$ (minder streng)
 - * Betekent dat de leiding niet permanent mag overbelast worden, toch te streng, mits 10 tot 20% van de tijd de leidingen onderbenut
 - * $I_n = 1,15 I_z$ (slechtste geval)
 - Temperatuurstijging kan oplopen tot 32% boven de toegestane opwarming, en dit voor onbepaalde duur
 - * $I_f \leq 1,45 \times I_z$

- Worst case zal de leiding gedurende de conventionele tijd 45% overbelast worden.

Beveiliging van leidingen tegen kortsluitstroom

- Toestel moet voldoen aan 2 voorwaarden:
 - I_{cu} (ultiem onderbrekingsvermogen) $\geq I_{k,max}$ (maximale kortsluitstroom)
 - $I k^2 t \leq k^2 S l^2$
 - * Afschakeling vereist vooraleer de maximale thermische belasting van de leiding bereikt is.
 - $S l$ = doorsnede geleider
 - I_k = kortsluitstroom
 - k = constante die afhangt van het type leiding

Beveiliging met zekering: overbelasting:

- Moet voldoen aan de 3 eerder besproken voorwaarden
- Keuze door karakteristiek van de leiding uit te zetten ten opzichte van de eigenschappen zekering
 - Zekering zwarte curve, leiding rode curve
 - Smeltkarakteristiek zekering iets steiler dan de leidingskarakteristiek en deze snijden elkaar bij I_a
- rekenvoorbeeld:
 - gG zekering van 25A ($=I_n$) wordt gebruikt om een leiding te beveiligen met een doorsnede van $6mm^2$ en toelaatbare stroom van 30A
 - * $I_{nf} = 1.4 \times I_n = 35A$ (k-waarde uit tabel)
 - * $I_f = 1.75 \times I_n = 43,75A$ (k-waarde uit tabel)
 - $I_{nf} (35A) \leq 1.15 \times I_z (34,5A)$
 - $I_f (43,75) \leq 1.45 \times I_z (43,5A)$
 - We zullen een grotere zekering moeten nemen.

Beveiligen met zekeringen: Kortsluiting

- Om een leiding te beveiligen tegen kortsluiting, moet voldaan zijn aan de 2 eerder besproken voorwaarden.
 - Het maximaal onderbrekingsvermogen van de zekering moet groter zijn dan het maximaal kortsluitvermogen op de plaats van de beveiliging.
 - * $(I_{cu} \geq I_{k,max})$
 - De doorgelaten energie zekering moet lager zijn dan de energie om de leiding op een ontoelaatbaar hoge temperatuur te brengen.
 - * $(Ik^2t \leq k^2Sl^2)$
 - De kleinste kortsluitstroom $I_{k,min}$ is de gevaarlijkste omdat zijn onderbreking het langst duurt.
 - * Om te kunnen voldoen aan de 2de voorwaarde, moet bovendien de tijd waarin de kortsluiting vloeit, kleiner zijn dan 5 seconden.

4.4 Coördinatie:

Gedefinieerd als het correct gebruik van 2 of meer schakel- of controle inrichtingen in serie of parallel, teneinde de veilige en functionele werking van de installatie te verzekeren. **We moeten vooral kunnen uitleggen wat dit is verder moeten we hier niet echt iets van weten.**

4.5 Selectiviteit:

- Selectiviteit of discriminatie is een coördinatie van de werkingskarakteristieken van 2 of meer beveiligingstoestellen.
- Beveiliging die zich onmiddellijk stroomopwaarts van de fout bevindt, zal deze fout onderbreken, terwijl de overige toestellen ingeschakeld blijven.

2 Soorten selectiviteit:

- Totale selectiviteit:

- Wanneer het stroomafwaarts beveiligingstoestel (OCPD2) reageert op gelijk welke overstroom tot aan het onderbrekingsvermogen, het stroomopwaartse (OCPD1) toestel niet reageert
- Partiële selectiviteit:
 - Ontstaat wanneer het stroomafwaarts (OCPD2) beveiligingstoestel reageert op gelijk welke overstroom tot een bepaalde waarde vastgelegd door de fabrikant, terwijl de stroomopwaartse (OCPD1) toestel niet reageert. Bij het overschrijden van de vastgelegde waarde is het niet zeker welk toestel eerst reageert (OCPD 1 of 2)
- Selectiviteit is belangrijk omdat het gepaard gaat met grote bedrijfscontinuïteit

5 Verlichting (week 5):

5.1 Inleiding en begrippen:

In industrie nog altijd veel verouderde, niet efficiënte technologie. Waarom investeren in LED?

- efficiënt licht (Lm/W)
- Eenvoudig dimbaar
- Regelbare kleur/kleurtemperatuur
- Lange levensduur
- Goede trilling bestendigheid
- klein en lichtkan eventueel werken op laagspanning
- met hoge prijzen snel terug verdiend

5.1.1 Straling:

Is niets meer dan het overbrengen van energie door middel van elektromagnetische golven (of deeltjes). Bepaald door

- Frequentie
- Amplitude

5.1.1.1 Stralingsflux of stralingsvermogen: Hoeveelheid energie per tijdseenheid door een oppervlak [W]

- != vermogen van de lamp!
- Straling van de lamp niet monochromatisch gedefinieerd
 - Niet discreet (continues): Kan ook infrarood en ultraviolet uitstralen.
 - discreet: Enkel de energie die nuttig is voor ons (energie/licht die wij kunnen zien).
- Zegt ons enkel iets over de energie in de golf, ons oog kan dit niet waarnemen.

5.1.1.2 Daarom invoeren lichtstroom:

- Grootheid die het voor het menselijk oog waarneembare vermogen aan uitgestraald licht aangeeft.
- Dus maat voor helderheid die waarneembaar is voor het oog
- Lumen (lm)

Stralingsrendement:

- Verhouding tussen uitgestraalde vermogen als EM straling en het elektrische vermogen van de bron.
- Niet al het vermogen wordt omgezet in EM straling bv door warmte

Visueel rendement:

- Verhouding tussen lichtstroom en het stralingsvermogen.
- Infrarood bron = hoog stralingsvermogen, lage (0) lichtstroom

Specifieke lichtstroom:

- Verhouding tussen lichtstroom en elektrisch vermogen.

5.1.1.3 Verlichtingssterkte (van lumen naar lux):

- Lux = lumen per vierkante meter oppervlak
- Te meten met luxmeter

Bij een licht blijft uw lumen hetzelfde maar uw Lux kan variëren afhankelijk van afstand van licht etc. Dus voor normen van licht etc in bvb een ziekenhuis kijken ze eerder naar uw Lux.

5.1.1.4 Lichtsterkte:

- Meet hoe helder een lichtbron in een bepaalde richting schijnt
- Candela

5.2 CCT en CRI:

5.2.1 CCT:

- Correlated color temperature:
 - Uitgedrukt in Kelvin (lichaam dat opwarmt zal licht uitzenden)
 - CCT hoog= koud licht
 - CCT laag= warm licht
 - Eigen aan constructie
 - CCT ledstrips? het verkleuren werkt door meerdere verschillende soorten led lichtjes van bvb 2700K,3500K,5500K naast elkaar te zetten en de ene meer intensiteit geven of wat minder laten schijnen voor warmere of meer helder licht te krijgen.

5.2.2 CRI:

- Color Rendering Index of kleurweergave index
- Van lumen naar CRI
- Vergelijken van kleurweergave tov referentiebron (CRI 100=halogeen-lamp)
- Hoe goed kan de lamp de echte kleuren weergeven
- Bv. straatlamp dikwijls CRI van +- 70%, spuitcabines +90%

5.2.3 Toepassingen:

CCT en CRI niet enkel voor sfeer en gezelligheid

- Detecteren van rottend fruit door machines → verlichting enorm belangrijk
- Perovskite LEDs → rot fruit zichtbaar voor het zichtbaar is voor menselijk oog.
- Medische wereld, kleuren moeten correct zijn om correcte conclusies te kunnen trekken.
- Kunst en musea
- Koplampen/interieur verlichting voor veiligheid (en uiteraard ook esthetiek)

5.3 Lenzen en reflectoren

5.4 Verlichting in de praktijk:

- Verlichtingssterkte (E)= afhankelijk van het taakgebied en visuele eisen.
- 3 zones:
 - taakgebied

- Directe omgeving
- Achtergrond
- Gemiddelde verlichtingssterkte mag nooit lager zijn dan wettelijke norm
- onderhoudsfactor
- Schaalverdeling: [20-30-50-75-150-200-300-500-750-1000-1500-2000-3000-5000 Lux]

Gelijkmatige lichtverdeling = uniformiteit = Emin/Egem

- Minimaal tussen 0,4 en 0,7 in taakgebied
- Directe omgeving 0,4
- Achtergrond 0,1

Reflectiewaarde:

- Plafond (30 lux), muren (50 lux), meubels,...

UGR = verblindingsfactor = bepaald gebied grotere helderheid

- Rechtstreeks of onrechtstreeks
- Voor elke type taak omschreven
- Schaalverdeling loopt van 10 tot 28, hoe lager de waarde, hoe minder de verblinding
 - $UGR < 15$: geen merkbare verblinding
 - $UGR > 22$: storend
 - $UGR > 28$: ondraaglijk, belemmerend

Normering EN 12464-1:

- E = Verlichtingssterkte
- U = gelijkmatige lichtverdeling
- UGR = verblindingsgraad
- Ra = kleurweergave-index

5.5 Investerings:

- Veel oude technologie in de industrie (75%)
- Comfort parameters:
 - E, U, UGR, Ra, onderhoud, ..
- Relamping, retrofitting en relighting
- Hoe aanpakken?
 - Energieaudit + metingen:
 - * Elektrische en comfort
 - Wensen klant:
 - * Ruimtes, lichtinval, werkingsgebieden, aard van de ruimte, wetten, budget,... → Lichtplan (Dialux)
 - Monitoringsystemen
 - Slimme sturingen:
 - * Aanwezigheidsdetectie, daglichttoetreding, dimmen, ..
- Relamping
 - Minst ingrijpende manier
 - Enkel lampen vervangen door nieuwer model
 - Vb gloeilampen vervangen door ... ?
- Retrofitting
 - Lampen vervangen door ander model
 - Fitting blijft behouden
- Religheten
 - Meest ingrijpende manier, grootste besparing mogelijk
 - Lampen + armatuur vervangen
 - Duurder investering en installatiekost

5.5.1 Financiële analyse:

- Elke situatie is anders → Algemeen plan
- Armatuur?
- Infrastructurele aanpassingen?
- Intern uitvoeren = tijdskost
- Extern uitvoeren = verschillende offertes aanvragen
- Onderhoudskost
- Comfortparameters

5.5.1.1 Opdracht: Gegeven:

- 7 TL lampen die 10 uur per dag aanliggen. twijfelt om TL lampen te vervangen met LED. het is 30 cent per KWH

Gevraagd:

- Verminderingsfactor oude TL-lampen = 0.85
- Wat moet de eigenaar doen? Oude lampen behouden, nieuwe TL lampen of LED?

Uitwerking:

- Oude lampen behouden?
 - $7 \times 30W = 210W$
 - $10 \times 210 = 2100Wh = 2.1kWh$ per dag
 - $2.1kWh \times 365 = 766.5kWh$ per jaar
 - $€0.3 \times 766.5 = €229.95$
- Nieuwe TL lampen:
 - ook €229.95 per jaar
 - maar dan ook nog de 150 en 14 voor de TL lampen.

- Led verlichting:
 - $7 \times €7 = €49$
 - $7 \times 14W = 98W$
 - $98W \times 10 = 980wh$ per dag
 - $980 \times 365 = 357.7kWh$
 - $€0.3 \times 357.7 = €107.3$ per jaar
 - $49 + 150 = €199$ bij plaatsen

na 2 jaar zijn de leds goedkoper dan de oude TL lampen en achter het eerste jaar zijn de leds als goedkoper dan de nieuwe TL lampen.

5.6 Types:

5.6.1 Gloeilamp:

- Elektrische weerstand
- Experiment Edison
- Meer verwarmingselement dan lichtelement
- Wolframdraad ipv katoendraad
- Inert gas (N of Kr)
- 95% warmte
- Meestal technische gegevens op lampvoet
 - Spanning, vermogen en evt lichtstroom (Lumen)
- Goedkoop
- Goede kleurweergave
- Korte levensduur (+- 1000u)
- Mag niet meer gemaakt worden (in Europa)

Dimmen:

- Regelbare weerstand (vermogensverlies = ?)
- Regelbare transformator
 - Veel minder warmteverlies
 - Nadelen?
 - * Duur voor een lampje aan te sturen.
 - * Rendement zakt veel als je voor 1 lamp weinig spanning nodig hebt.
 - * lawaai (trillingen transfo)
- Chopper:
 - Faseaansnijding
 - * Met welke vermogenscomponent kunnen we dit doen?
 - * Vermogen?
 - veel minder vermogen verlies omdat er delen zijn waar je geen vermogen verlies hebt.
 - Kan PWM?

5.6.2 Halogeenlamp:

- soort gloeilamp:
 - Halogeengas (I of Br)
 - * 25 atm (2500 kPa)
- 3000K tov 2700K bij gloeilamp
- langere levensduur (+-2000u)
- Dimmen zelfde als gloeilamp
 - om de 4u volle spanning (Anders kapot) → Halogeencyclus

5.6.3 TL lamp:

- Gasontladingslamp
 - Ioniseren van gas → beter stroom geleiden
- Elektronica om buis te ontsteken
 - Starter
 - Ballast

Gewone TL lamp:

- Ballast of voorschakelapparaat
 - * Spoel
- Starter
 - * Lampje
 - * Bimetaal
 - * Condensator
- Gloeidraad
- Fluorescentiepoeders

Werking conventionele TL lamp:

- Ballast:
 - Hoge spanningspiek
 - Beperken stroom
- Starter:
 - Aansluiten netspanning:
 - * → Lamp
 - * → Bimetaal trekt krom (=sluiten)
 - * → Grote stroom:
 - gloeidraden worden warm
 - Lampje gaat uit

* → Bimetaal opent

- Spoel verzet zich tegen stroomverandering
 - Spanningspiek met reeds opgewarmde gloeidraden → TI lamp ontsteekt
- Lage spanning om in stand te houden
- Spanningsval over voorschakelapparaat
 - stroombegrenzer
- Spanning niet voldoende om neonlamp te ontsteken

5.6.3.1 Voordelen en problemen:

- Veel beter rendement en veel langere levensduur (10 tot 60.000u)
- Flikker (na opstart):
 - Smoorspoel kan oververhitten of starter uitbranden
 - Oplossingsmogelijkheden:
 - * Controleer spanning
 - * Probeer buis die nog werkt:
 - Opgelost? → buis vervangen
 - Zelfde probleem?
 - * Starter (condensator) uitmeten
 - * Als laatste smoorspoel
- Buis:
 - zwart
 - elektrodes controleren
 - Gas uit buis ontsnapt
- Energiezuinig
- Niet dimbaar

- Hoge lichtopbrengst
- Opvatting: meer energie nodig om te starten dan te branden
- Opvatting: Aanschakelen verslijt de lamp

5.6.4 Spaarlamp:

- Combinatie TL-lamp en gloeilamp
 - CFL
- opgevouwen tl-lamp
- E-ftting
- stuk? → volledig vervangen
- tot 15000u werking
- 4x lichtopbrengst gloeilamp

5.6.5 LED:

- Helder licht, beperkt verbruik, lange levensduur (jaren ipv maanden)
- Beperkte warmteontwikkeling
- Schok- en waterbestendig
- Fitting
- Verschillende golflengtes (IR)
- $U_f = 1.5V$ tot $3V$
- Nominale stroom $\pm 20mA$
- Datasheet!
- Dimmen:
 - Regelbare weerstand of spanningsdeler

- Spanning verlagen met bv transfo
 - * Let op van drempelspanning
 - * Efficiënter maar duurder
- PWM

5.6.5.1 Hoe bepalen we belastingskarakteristiek:

- $I = (U_{bron} - U_{led}) / R$
- eerste punt is bij $U_{led} = 0$ dus dan is het U_{bron} / R
- tweede is bij $U_{led} = U_{bron}$ dus dan is het 0
- Dan vergelijk je die rechte met uw datasheet van uw led.

5.7 Sturing:

Waarom:

- Energiebesparing
- Flexibiliteit
- Noodverlichting
- Verlichting
- Comfort en gezondheid
- Manuele schakelaars
- Time control
 - Nog steeds vaak gebruikt in bv shoppingscentra
 - Eerder gebruikt als wijzigen/beperken van functies
- Dimmen
- Sensoren als input voor sturing:
 - Aanwezigheidsdetectoren:

- * PIR
- * Thermisch
- * Cameras
- * WiFi
- * ...
- Luxmetingen
- RFID
- Geluidssensoren

5.7.1 Sensoren:

- Drukknoppen
- Dimmers
- Afstandsbediening
- Timers
- Beweging
 - PIR
 - Ultrasoon
- Licht
 - Fotocel
 - Daglicht
- Tijdsgebaseerd:
 - Volgens de dag (weekdag/weekenddag)
 - volgens de plaats
 - Meestal in niet-residentiele toepassingen
- Aanwezigheidssensoren:
 - PiR (Passive Infrared):

- * Fotocel werkt via PiR
 - Ultrasonisch (beter voor langere afstanden)
 - RFID sensor
 - Camera
- Bedraad:
 - DALI (Digital Addressable Lightning Interface)
 - DMX 512
 - Analooog 1-10V
 - PWM
 - RS232
 - RS485 (Modbus)
 - KNX
- Draadloos:
 - RF
 - Bluetooth mesh
 - Zigbee

5.7.1.1 Dali:

- Gestandaardiseerd protocol voor verlichtingsbeheer mbv uniek digitaal adres.
- Elk licht apart gecontroleerd (of per groep).
- Terugkoppeling voor status of alarmen
- Integratie in gebouwbeheersystemen
- Open protocol dus compatibel met breed scala aan verlichtingsproducten.

5.7.1.2 Zigbee:

- Draadloos open 2-wegs communicatieprotocol
- Mesh netwerkarchitectuur
- Standaardisatie::
 - Zo kan bv Philips Hue met Ikea gekoppeld worden
 - Compatibel met veel devices:
 - * Tuya
 - * Sonoff
 - * WeLink
- API en MQTT

5.8 Transformatoren:

5.8.1 Inleiding:

5.8.1.1 Elektromagnetisme: Magnetisch veld (magnetische inductie):

- Een magnetisch veld is een veld dat de ruimte doordringt en dat magnetische kracht kan overbrengen:
- Onstaat door:
 - Magneten
 - Elektrische stroom
 - Aarde
- Aangegeven door vector B:
 - Grootte op afstand r met stroom:
 - * $B = \mu * \frac{1}{2\pi * r}$
- In een geleider met lus:
-

- in een spoel:

$$- B = \mu * \frac{I * N}{l}$$

- Tesla (T) of Weber (Wb)/m²

Magnetische veldsterkte (intensiteit) (H):

- A/m
- Hoe sterk kan je een andere substantie magnetiseren
- $H = \frac{B}{\mu_0}$

Elektromagnetische krachtwerking:

- Stroomvoerende geleider in magnetisch veld:
 - \hookrightarrow Lorentzkracht $\rightarrow F = B \cdot I \cdot L$
 - \hookrightarrow Newton

Magnetische flux:

- Hoeveelheid magnetische veldlijnen door bepaald oppervlak
- $\Phi = B \cdot A \cdot \cos(\phi)$
- Uitgedrukt in Weber (Wb)

Elektromagnetische inductie:

- Een winding zal een spanning opwekken als de magnetische flux door die winding verandert:
 - \hookrightarrow Opgewekte spanning noemt men inductiespanning
 - \hookrightarrow Spoel werkt veranderde stroom (eigen flux) tegen door tegen spanning in te induceren
- De grootte van deze spanning is $U = -N * \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

Magnetische permeabiliteit μ

- Hoe goed geleidt een materiaal de magnetische veldlijnen

- μ_0 magnetische permeabiliteit van vacuum.
- μ_r magnetische permeabiliteit van een materiaal in vergelijking met μ_0 (dimensieloos)
 - $\mu_r > 1 \Rightarrow$ ferromagnetische weerstand

Magnetische reluctantie \mathcal{R} :

- Tegenhanger elektrische weerstand
- Hoe hard verzet een materiaal zich tegen magnetisme
- $\mathcal{R} = \frac{l}{\mu_0 * \mu_r * A}$

5.8.1.2 Transformator:

- Een transformator, ook wel tranfo of trafo is een statische elektrisch apparaat, bestaande uit magnetische gekoppelde spoelen waartussen de energie-overdracht gebeurt via een magnetische koppeling, zodat er geen galvanische verbinding is tussen beide spanningsniveau's.
- Koppeling tussen 2 spanningsniveaus!
 - Vb. centrale van 20kV opboosten naar 36kV of 380kV
- Zowel eenfasig als driefasig
- Energie-overdracht op hoog rendement, werkt enkel op wisselspanning (Niet op DC). Men wil immers minimalisering van spannings- en vermogensverliezen en dit gebeurt bij zeer hoge spanningen. Optimaal voor op te transformeren van centrales en neer te transformeren bij woningen

5.8.2 Eenfasige transformatoren:

5.8.2.1 Bouw van eenfasige transformator:

- 2 spoelen, gewikkeld rond een kern van materiaal met een goede magnetische geleidbaarheid.
- Het aanbrengen van magnetisch materiaal verbetert in hoge mate de werking van transformatoren.

5.8.2.2 Ideale eenfasige transformatoren: Sterk vereenvoudigd model:

- μ_{FE} is zeer groot:
 - Relatieve permeabiliteit van de kern is zeer groot, dus magnetische flux volledig in het ijzer loopt
 - Alle windingen van beide spoelen omsluiten de volledige flux, waardoor er geen lekflux is.
- Geen ijzerverliezen:
 - Een wisselflux veroorzaakt wervelstroom- en hysteresisverliezen, samen ook wel de ijzerverliezen genoemd:
 - * Wervelstromen kunnen beperkt worden door de kern niet uit massief materiaal, maar uit blikpakket samen te stellen (dunne blikplaten die ten opzichte van elkaar geïsoleerd zijn).
 - * Hysteresisverlies wordt veroorzaakt door remanent magnetisme dat in kern achterblijft wanneer deze gemagnetiseerd en gedemagnetiseerd wordt. Best weekijzer of ferriet gebruiken, deze kunnen eenvoudig gemagnetiseerd en gedemagnetiseerd worden.
- Geen koperverliezen:
 - De wikkelingen hebben geen ohmse weerstand
 - $R_1=R_2=0$
- Geen verlies, er wordt gewerkt met een rendement van 100%

1. Kopperverliezen

2. Lekflux

3. Wervelstroom, Hysteresisverlies=ijzerverliezen

Remanent magnetisme:

- Bij het aanleggen van een uitwendig veld H , ontstaat een inductie B parallel met het veld.

5.8.2.2.1 Nullast:

- Op de secundaire spoel zijn geen verbruikers aangesloten, $I_s = 0$
- Aan de eerste spoel wordt een wisselspanning u_1 aangelegd.
- De inductiewet* (wet van Faraday-Lenz) geeft de relatie weer tussen de geïnduceerde spanning en de wijziging van het magnetisch veld, daardoor volgt dat er een spanning e_1 in de spoel 1 geïnduceerd wordt. Bij wijziging/verandering van de flux, wijzigt de spanning.

5.8.2.3 Technische eenfasige transformator: Ommagnetiseren van kern + wervelstroom:

- warmte-ontwikkeling
- energie uit het net

nullaststroom I_0 :

- Magnetisatiestroom I_m
- $I_w (I_y)$ =ijzerverliezen

5.8.2.3.1 Belasting:

- Sluiten van secundaire winding van de ideale transformator met een impedantie, dan vloeit door deze wikkeling een stroom I_2 waarvan de grootte en faseverschuiving ten opzichte van de secundaire spanning U_2 bepaald worden door de impedantie.
- Primaire stroom bestaat uit 2 componenten (ideale transfo):
 - Magnetiseringsstroom i_{m1} , die de nodige ampèrewindingen levert om de flux op te bouwen:
 - * Bij vollast is deze zeer slechts een heel klein aandeel van de totale primaire stroom.
 - * Magnetiseringsstroom is 90° naijlend op de aangelegde spanning. Het opgenomen actief vermogen voor een transformator waarin alleen I_m vloeit is dus 0 ($\cos 90^\circ = 0$), in fase met de flux

- De belastingsafhankelijke stroomcomponente nodig om de ampèrewindingen van de secundaire belastingsstroom mee te compenseren
- (3de stroomcomponente bij reële transformator)
 - * Ten gevolge van hysteresis en wervelstroomverliezen

Vectordiagramma's: Om de secundaire flux tegen te werken gaat de primaire flux even groot worden om dit tegen te werken zodat we enkel nog onze I_m over houden. Als we dit op schema willen tekenen zal onze I_p' recht tegenover onze I_s . Dus als we een spoel met een weerstand hebben zal onze I_s links van de E_p, E_s lijn liggen en onze I_p' zal daar recht tegenover liggen. I_p' zal in dit voorbeeld in kwadrant 1 liggen en I_s in kwadrant 3.

5.8.2.3.2 Verliezen transformator:

- Ijzerverliezen (nullastverliezen:)
 - Watt-verliezen in de kern (hysterese en wervelstroom)
 - Opwarming kern
 - Onafhankelijk van belasting
 - Verhogen bij verhogen van spanning en frequentie
- Koperverliezen (Jouleverliezen)
 - Bij nullast zeer klein, verhogen kwadratisch met de belasting
 - Ohmse weerstand
 - $P_{cu_{\text{totaal}}} = P_{cu_p} + P_{cu_s} = I_p^2 * R_p + I_s^2 * R_s$

5.9 Vermogen en rendementen:

We moeten een in driehoek geschakelde motor aansluiten op een transfo die wij moeten dimensioneren. Het net levert 400V - 50Hz. De kenplaat gegevens van de motor: Als we 400V op driehoek aansluiten dan zullen onze wikkelingen doorbranden van de transfo. Als we 230V op ster zetten dan zal de transfo wel werken maar zal je een heel slecht rendement hebben.

- We kunnen berekenen hoeveel wikkelingen we moeten hebben voor spanning op secundaire door $\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$. als we 230V willen op secundaire en we hebben op primaire 400V dan zullen we $\frac{400}{230} = 1.739$. Voor stroom te weten

5.9.0.1 Serie en parallel schakeling: Moeten we niet kennen maar is wel belangrijk.

- Secundaire wikkelingen in serie schakelen?
 - Spanning in secundaire wordt 2U
- Secundaire wikkelingen in parallel schakelen?
 - Stroom in secundaire wordt 2I

5.9.0.2 Belang kortsluitspanning:

5.9.0.2.1 Oefeningen:

- Oefening 1:
 - Een transformator 3000V/240V heeft primair 1500 wikkelingen. De secundaire levert een stroom van 75A. Bereken het aantal secundaire windingen en de primaire stroom.
 - Gegeven:
 - * Wikkelingen primair=1500
 - * $U_p=3000$
 - * $U_s=240$
 - * $I_s=75A$
 - Gevraagd:
 - * Wikkelingen secundair
 - * I_p
 - Uitwerking: $U_1/U_2 \rightarrow 3000/240=12.5 \rightarrow \frac{N_1}{N_2}=12.5$
 - $\rightarrow \frac{1500}{N_2}=12.5 \rightarrow N_2=1500/12.5=120$ wikkelingen.
 - De secundaire wikkelingen is gelijk aan 120
 - $I_p = \frac{I_s * V_s}{V_p} \rightarrow I_p = \frac{240 * 75}{3000} = 6A$

5.10 (

Motoren en generatoren:)

5.10.1 Motoren:

5.10.1.1 efficiëntieclasses: Veel besparing mogelijk, maar ook investeringskost!

- Geldig voor 50 en 60Hz motoren
- Tot 375 kW!

In europa le3 motoren.

5.10.1.2 Inductiemotoren: Verschillende namen:

- Inductiemotor
- Asynchrone motor
- Draaistroommotor
- ...

Meest gebruikte elektrische motor:

- 90 tot 95% van de industriële motoren zijn inductiemotoren
- Eenvoudig qua constructie, vrijwel onderhoudsvrij, robuust en niet duur, lage productiekost, relatief hoge efficiëntie,...
- 50% van de elektriciteit wordt geleverd voor elektromechanische energieconversie
- Aankoop prijs van inductiemachines vormt slechts 1,5 tot 4% van de totale levenskost! De rest van de kosten zijn vooral energiekosten en onderhoudskosten!

Nadeel: Toerental van inductiemachine ligt vast. Hiervoor hebben we vermogenelektronische omvormers (drive of frequentieregelaar).

- Is in staat om frequentie te wijzigen terwijl de spanning mee varieert en het koppel kan behouden blijven

5.10.1.3 Opbouw:

- Stator: Opgebouwd uit gelamelleerd Silicium-staal
 - Doel: om elektrische weerstand ijzer te verhogen worden lamellen geïsoleerd ten opzichte van elkaar om het vermogenverlies in de kern door wervelstroomverliezen te beperken.
 - Gleuven voorzien voor driefasen statorwikkeling die onderling 120 graden verschoven zijn.
- Rotor: Verschillende uitvoeringsvormen:
 - Kooirotor:
 - * In de gleuven aan de omtrek van de rotor zijn staven aangebracht.
 - * Voor- en achterzijde van de rotor zijn staven door kortsluitringen verbonden met elkaar, waardoor de elektrische kring gesloten is
 - Bewikkelde rotor:
 - * Bij dit type rotor zijn er in de gleuven van de rotor 3 wikkelingen aangebracht in ster.
 - * Andere uiteinde wordt dmv sleepringen naar buiten gebracht.
 - * Dmv weerstanden (extra joule verliezen) worden uiteindes extern kortgesloten zodat kring gesloten is.

5.10.1.4 Werking: Draaiveld opwekken:

1. Aansluiten van driefasenspanning (L1,L2,L3) op 3 wikkelingen (ster of driehoek) (U1-U2/V1-V2/W1-W2) in de stator zal er een driefase stroom vloeien in de wikkelingen.
2. Fasestroom in wikkelingen via U1 naar U2,... laat ons toe om de richting van de veldlijnen te bepalen.
3. De veldlijnen rond de wikkelingen zorgen voor een magnetisch veld met x poolparen. Dit magnetisch veld draait rond (draaiveld) met een bepaalde rotatiefrequentie

5.10.1.4.1 poolparen: 2 poolparen=4-polige motor.

•

Opwekken van rotorspanningen:

- Wanneer de rotor stilstaat, worden de staven van de kooirotor, of de wikkelingen van de bewikkelde rotor gesneden door het draaiveld, opgewekt door de stator.
- Hierdoor zal een spanning opgewekt worden $e_{\text{rotor}} = B_{\text{stator}} \times l_{\text{rotor}} \times \Delta v$
 - Afhankelijk van: magnetische flux, de lengte van de geleider/spoel en de relatieve snelheid

Opwekken van rotorstromen:

- Kooirotor -> Rotorstaven dmv kortsluitringen kortgesloten, hierdoor zal door de opgewekte rotorspanningen een rotorstroom vloeien.
- Bewikkelde rotor -> Rotorwikkelingen extern kortgesloten.

Hoe sneller dat uw motor draait hoe minder koppel dat hij kan geven. In praktijk kan uw Δv nooit 0 zijn want anders zouden uw rotor en stator reven snel draaien. en dan zou je geen stroom,kracht hebben. Uw rotor zal altijd wat achter draaien (slip).

- Ontstaan van slip:
 - In de rotorstaven wordt maar een spanning opgewekt wanneer er een snelheidsverschil is tussen de bewegende rotorstaven en het draaiveld van de stator.
 - Rotor mag dus nooit aan zelfde snelheid bewegen als draaiveld stator, anders zouden er geen veldlijnen gesneden worden en zal er geen stroom in de rotor opgewekt worden en ontstaat er geen magnetische pool
 - Rotorsnelheid altijd trager dan snelheid draaiveld stator! Dit verschil in toerental noemen we slip.
 - * Vandaar ook de naam, asynchrone machine!

- $s = nS - n$:
 - * s = slip (tr/min)
 - * ns = synchroon toerental (toerental draaiveld) (tr/min)
 - * n = toerental rotor (tr/min)
- $S = (ns - nr)/ns$:
 - * uitgedrukt in [%]
 - * Meestal tussen 4 en 11%

om te weten of toerental kan: $50\text{hz} \cdot 60\text{seconden} = \text{toerental}$ (1 poolpaar)
indien meerdere poolparen moet je dan uw $50 \cdot 60$ delen door uw aantal poolparen.

5.10.1.5 koppel-toerentalkarakteristiek:

- Wanneer we het koppel in functie van het toerental van de rotor in een grafiek uitzetten spreken we over de koppel-toerentalkarakteristiek.
- Aflezen hoe groot het koppel is bij een bepaald toerental