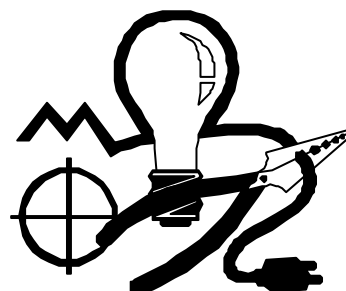


# Schakelcursus Elektrotechniek



december 2016

De cursus is bestemd voor die cursisten waarvan de vooropleiding in het vakgebied Elektrotechniek vooralsnog onvoldoende is.

Auteur: L. Smit



De Kooi 7  
4233 GP AMEIDE  
tel: 0183 – 60 05 20  
e-mail: [contact@sot.nl](mailto:contact@sot.nl)  
internet: [www.sot.nl](http://www.sot.nl)

Nuttige links:

[www.sot.nl/hyperlinks](http://www.sot.nl/hyperlinks)

[www.elektrohonk.info](http://www.elektrohonk.info)

**© Smit Opleidingen & Trainingen**

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Smit Opleidingen & Trainingen.

# INHOUD

<b>1</b>	<b>Ten geleide .....</b>	<b>1</b>
1.1	Formules.....	2
<b>2</b>	<b>Symbolen, veelvouden, tabellen en formules.....</b>	<b>3</b>
2.1	Symbolen en elektrische grootheden .....	3
2.2	Griekse symbolen .....	4
2.3	Decimale veelvouden.....	4
2.4	Kleurcode weerstanden .....	5
2.5	E-reeksen.....	5
2.6	Soortelijke weerstanden .....	6
2.7	Temperatuurscoëfficiënten.....	6
<b>3</b>	<b>Elektriciteit .....</b>	<b>7</b>
3.1	Inleiding .....	7
3.2	Moleculen en atomen.....	8
3.3	Elektrische lading .....	9
3.4	Valentie-elektronen.....	12
3.5	Elektrische stroom .....	13
3.6	Elektrische spanning .....	14
3.7	Stroomrichting.....	15
3.8	Geleiders en isolatoren.....	17
3.9	Samenvatting .....	18
3.10	Vragen / opgaven.....	19
3.10.1	Meerkeuzen vragen.....	19
3.10.2	Open vragen .....	21
3.10.3	Opgaven .....	21
<b>4</b>	<b>Weerstand (1) .....</b>	<b>23</b>
4.1	Inleiding .....	23
4.2	Indeling van weerstanden.....	24
4.3	Kleurcode .....	26
4.4	E-reeks .....	28
4.5	Wet van Ohm.....	29
4.6	Grafische voorstelling.....	30
4.7	Vragen / opgaven.....	33
4.7.1	Meerkeuzen vragen.....	33
4.7.2	Open vragen .....	35
<b>5</b>	<b>Weerstand (2) .....</b>	<b>37</b>
5.1	Inleiding .....	37
5.2	Lengte en weerstand .....	37
5.3	Soortelijke weerstand.....	38
5.4	Kerndoorsnede.....	40
5.4.1	Oppervlakte .....	41
5.4.2	Doorsnede in de praktijk .....	42
5.5	Weerstand van een geleider of een leiding.....	43
5.5.1	Weerstand van een enkele geleider.....	43
5.5.2	Weerstand in een leiding .....	44
5.6	Spanningsverlies in een leiding .....	45

5.7	Invloed van temperatuur .....	47
5.7.1	Voorbeeld .....	48
5.7.2	Conclusie .....	48
5.8	Vragen / opgaven .....	49
5.8.1	Meerkeuze vragen .....	49
5.8.2	Open vragen .....	52
<b>6</b>	<b>Arbeid, vermogen en verliezen .....</b>	<b>55</b>
6.1	Inleiding .....	55
6.2	Arbeid .....	56
6.3	Vermogen .....	57
6.3.1	Omzetten van formule .....	58
6.3.2	Samenvatting .....	59
6.4	Aanduiding van het vermogen .....	59
6.5	SI-stelsel .....	61
6.6	kWh-meter .....	62
6.7	Rendement .....	64
6.8	Vragen / opgaven .....	66
<b>7</b>	<b>Serie schakelen .....</b>	<b>69</b>
7.1	Inleiding .....	69
7.2	Één stroom .....	70
7.3	Meerdere spanningen .....	71
7.4	Vervangingsweerstand .....	73
7.5	Vragen / opgaven .....	74
<b>8</b>	<b>Parallel schakelen .....</b>	<b>79</b>
8.1	Inleiding .....	79
8.2	Één spanning .....	80
8.3	Meerdere stromen .....	81
8.4	Vervangingsweerstand .....	82
8.5	Vragen / opgaven .....	85
<b>9</b>	<b>Gemengd schakelen .....</b>	<b>89</b>
9.1	Inleiding .....	89
9.2	Oplossingsmethoden .....	89
9.3	Rekenregels .....	90
9.4	Voorbeeld .....	91
9.5	Vragen / opgaven .....	95
<b>10</b>	<b>Gelijkspanning en wisselspanning .....</b>	<b>101</b>
10.1	Inleiding .....	101
10.2	Gelijkspanning .....	102
10.3	Wisselspanning .....	103
10.3.1	Opwekken van wisselspanning .....	103
10.4	Frequentie en periodetijd .....	104
10.5	Effectieve waarde van een wisselspanning .....	106
10.6	Maximale waarde van een wisselspanning .....	109
10.7	Gemiddelde waarde van een wisselspanning .....	111
10.8	Driefasen of draaistroom .....	114
10.8.1	Opwekken van draaistroom .....	114
10.8.3	Driehoekschakeling .....	117
10.8.4	Aansluiten driefasenmotor .....	118

10.8.5	Driefasenmotor op 230 V .....	120
10.8.6	Vermogen bij driefasen .....	121
10.8.7	Belastingsstromen .....	122
10.9	Vragen / opgaven .....	123
<b>11</b>	<b>Gelijkrichten .....</b>	<b>127</b>
11.1	Inleiding .....	127
11.2	Enkelzijdige gelijkrichting .....	128
11.3	De diode .....	129
11.4	Dubbelzijdige gelijkrichting met de Greatzschakeling .....	130
11.5	De brugcel .....	134
11.6	Dubbelzijdige gelijkrichting met transformator .....	135
11.7	De condensator .....	136
11.8	Afvlakken van de pulserende gelijkspanning .....	138
<b>12</b>	<b>Actief schakelen .....</b>	<b>141</b>
12.1	Inleiding .....	141
12.2	Ideale Ohmse weerstand .....	142
12.3	Ideale spoel .....	146
12.4	Ideale condensator .....	149
12.5	Ideale spoel in serie met ideale Ohmse weerstand .....	152
12.6	Ideale condensator parallel met ideale Ohmse weerstand .....	158
12.7	Vragen / opgaven .....	163
<b>13</b>	<b>Transformator .....</b>	<b>165</b>
13.1	Inleiding .....	165
13.2	Werking en principe .....	166
13.3	Rekenen aan de trafo .....	167
13.3.1	Transformatieverhouding .....	168
13.3.2	Aantal windingen .....	168
13.3.3	Spanningen .....	169
13.3.4	Stromen .....	170
13.3.5	Totaalformule .....	172
13.3.6	Toepassen van transformatoren .....	173
13.4	Vragen / opgaven .....	179
<b>14</b>	<b>Elektrische meetinstrumenten .....</b>	<b>181</b>
14.1	Inleiding .....	181
14.2	Eigenschappen van meetinstrumenten .....	182
14.3	Veiligheid .....	183
14.3.1	CAT-aanduiding .....	184
14.3.2	Meetsnoeren .....	186
14.3.3	Markeringen .....	187
14.3.4	Gelijkspanning en wisselspanning .....	188
14.3.5	Spanning en stroom .....	190
14.3.6	NEN 3140 .....	190
14.4	Kalibratie .....	192
14.5	Indeling van meetinstrumenten .....	193
14.5.1	Analoge meetinstrumenten .....	194
14.5.2	Digitale meetinstrumenten .....	194
14.5.3	Registerende meetinstrumenten .....	195
14.6	Zekeringen .....	196
14.7	Metten en testen van spanning .....	197

14.7.1	Spanningzoeker .....	197
14.7.2	Voltstick .....	198
14.7.3	Spanningstester .....	199
14.8	Voltmeter .....	200
14.9	Meten van stromen .....	202
14.9.1	Ampèremeter .....	202
14.9.2	Stroomtang .....	204
14.10	Meten van weerstand .....	206
14.10.1	Ohmmeter .....	206
14.10.2	Circuittester .....	209
14.10.3	Megger .....	210
14.11	Universeelmeter .....	211
14.12	True-RMS .....	214
14.13	Vragen / opgaven .....	217
<b>15</b>	<b>Beveiligingen.....</b>	<b>221</b>
15.1	Overstroom .....	221
15.1.1	Kortsluiting .....	221
15.1.2	Overbelasting .....	223
15.2	Beveiligingsmiddelen tegen overstroom .....	224
15.2.1	Groepenkast en besturingskast .....	224
15.3	Smeltveiligheden .....	226
15.3.1	Smeltpatroon .....	226
15.3.2	Mespatroon .....	231
15.3.3	Glaszekering .....	234
15.3.4	Installatieautomaat .....	234
15.4	Thermische beveiliging .....	238
15.5	Aanraakspanning en aanraakstroom .....	240
15.5.1	Aanvullende beveiliging voor personen .....	240
15.5.2	Aardlekschakelaar .....	241
<b>16</b>	<b>Relaisschakelingen.....</b>	<b>245</b>
16.1	Inleiding .....	245
16.2	Relais .....	246
16.3	Symbolen .....	248
16.4	Opbouw van een schema .....	249
16.5	Diverse schakelingen .....	251
16.5.1	Drukknop met lampje .....	251
16.5.2	Belschakeling .....	252
16.5.3	Relaisschakeling met schakelaars .....	252
16.5.4	Relaisschakeling met overneemcontact .....	253
16.5.5	Relaisschakeling met signaallamp .....	254
16.5.6	Relaisschakeling met signaallamp op 230 V .....	254
16.5.7	In- en uitschakeling .....	255
16.5.8	Motorschakeling .....	256
16.5.9	Omkeerschakeling .....	258
16.5.10	Handbediende sterddriehoekschakeling .....	261
16.5.11	Automatische sterddriehoekschakeling .....	262
<b>17</b>	<b>Gestructureerd storingzoeken .....</b>	<b>265</b>
17.1	Succesvol storingzoeken .....	265
17.2	Methoden van storingzoeken .....	265
17.3	Analytisch storingzoeken .....	267

17.3.1	Storingsmelding .....	268
17.3.2	Informatie verzamelen .....	269
17.3.3	Mondelinge communicatie met de storingsmelder .....	270
17.4	Persoonlijk waarnemen .....	271
17.5	Mogelijke oorzaken verzamelen.....	272
17.6	Werkelijke oorzaak vaststellen.....	273
17.7	Storing opheffen .....	276
17.8	Evaluatie.....	276
<b>18</b>	<b>Gebouwinstallatie .....</b>	<b>277</b>
18.1	Schakelmateriaal.....	277
18.2	Draden en kleuren.....	281
18.3	Beschermingsleiding.....	281
18.4	Aansluiten van draden.....	282
18.5	De enkelpolige schakeling .....	283
18.5.1	Schema's .....	283
18.6	De serieschakeling .....	285
18.6.1	Schema's .....	285
<b>19</b>	<b>Perilex-systeem voor de aansluiting van kooktoestellen.....</b>	<b>287</b>
19.1	Inleiding .....	287
19.2	Wat is Perilex?.....	287
19.3	Toepassing.....	288
19.4	Soorten spanningen.....	288
19.5	Vermogen .....	290
19.6	Aansluiting van een Perilex kookgroep .....	290
19.7	Éénfase aansluiting van een Perilex wandcontactdoos.....	291
19.8	Driefasen aansluiting van een Perilex wandcontactdoos .....	292
19.9	Aansluiting IN het kooktoestel.....	293
<b>20</b>	<b>Antwoorden en uitwerkingen .....</b>	<b>295</b>
20.1	Ten geleide .....	295
20.2	Symbolen, veelvouden, tabellen en formules.....	295
20.3	Werken met machten .....	295
20.4	Elektriciteit .....	295
20.5	Weerstand [1] .....	297
20.6	Weerstand [2] .....	298
20.7	Arbeid, vermogen en verliezen.....	300
20.8	Serie schakelen .....	301
20.9	Parallel schakelen .....	306
20.10	Gemengd schakelen .....	312
20.11	Gelijkspanning en wisselspanning.....	323
20.12	Transformator .....	325
20.13	Actief schakelen.....	327
20.14	Elektrische meetinstrumenten .....	328