

CURSUSBOEK
BASISCURSUS
HOGERE
HARMONISCHEN

- Galvanistraat 51
- 6716 AE Ede
- T 0318 - 631 670
- E info@elektroraad.nl
- www.elektroraad.nl

BASISCURSUS HOGERE HARMONISCHEN

Cursusboek bij de gelijknamige cursus

6^e druk december 2019

© Copyright Elektroraad Opleidingen B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgaven mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of op enige andere manier, zonder voorgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Inhoudsopgave

INHOUDSOPGAVE	4
INLEIDING	5
WISSELSTROOMTHEORIE	5
LINEAIRE BELASTING	9
NIET-LINEAIRE BELASTING	12
EEN INLEIDING IN HOGERE HARMONISCHEN	14
SAMENGESTELDE HARMONISCHEN	16
ANDERE WEERGAVEN VAN HARMONISCHEN	20
VÓÓRKOMEN EN VOORKÓMEN	24
EIGENSCHAPPEN EN GEVOLGEN VAN HOGERE HARMONISCHEN	24
HET REKENEN AAN HOGERE HARMONISCHEN	29
HOGERE HARMONISCHEN IN DE PRAKTIJK	35
NORMEN EN VOORSCHRIFTEN T.A.V. HOGERE HARMONISCHEN IN DE PRAKTIJK	35
OPLOSSINGEN VOOR HET PROBLEEM	37

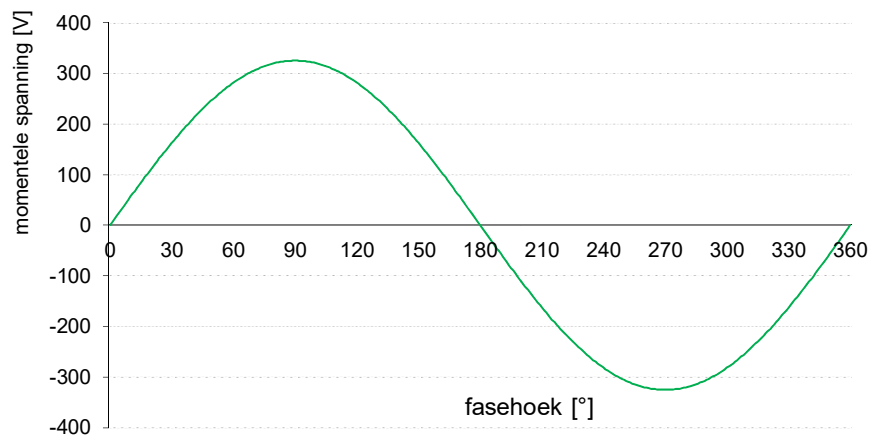
Inleiding

In deze cursus leer je iets over hogere harmonischen. Om goed te kunnen begrijpen wat hogere harmonischen zijn, zullen we eerst je geheugen wat opfrissen. In het volgende hoofdstuk bespreken daarom eerst enkele grondbeginselen van de wisselstroomtheorie.

Wisselstroomtheorie

sinusvorm Zoals je weet wordt onze netspanning opgewekt door het laten draaien van generatorwindingen in een magnetisch veld. De spanning die hierbij in een winding ontstaat heeft daardoor een sinusvormig verloop. Wanneer, in een tweepolige generator de wikkeling precies één maal is rondgedraaid, is één periode opgewekt, wat overeenkomt met precies één sinusvorm.

periode We kunnen één periode dus voorstellen als één 'rotatie'. Laten we om dat te verduidelijken eens kijken naar één periode van een spanning met een willekeurige frequentie (zie figuur 1).



figuur 1

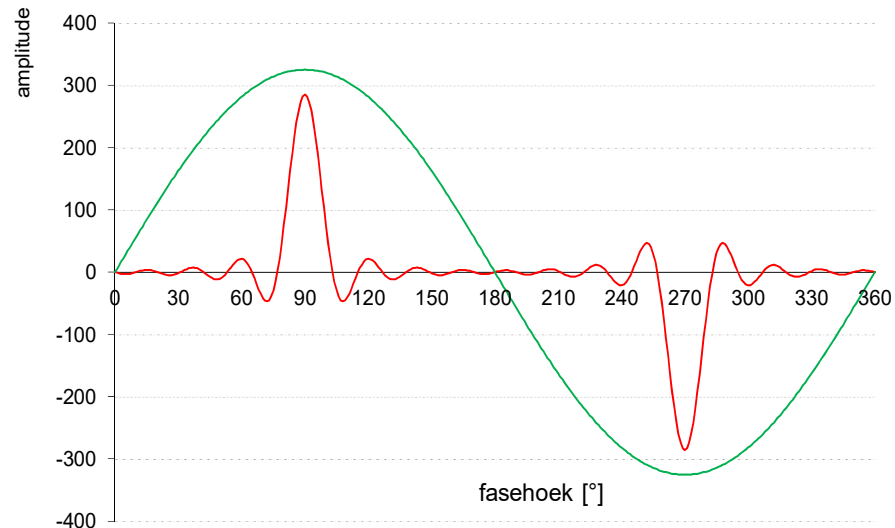
fasehoek Op de X-as staat de hoek van verdraaiing uitgezet (de fasehoek). Op de Y-as is op elk moment de hoogte van de spanning af te lezen.

momentele waarde Dit noemen we dan ook de momentele spanning, en wordt aangeduid met de (kleine!) letter 'u'.

Niet-lineaire belasting

niet-lineair

Er bestaan ook niet-lineaire belastingen. Een computer is hier een goed voorbeeld van. Een benadering van de stroom die een computer uit het net opneemt zie je in de volgende figuur.



figuur 6

thyristoren

Zoals je ziet is de spanning nog steeds een sinus, maar de stroom niet. Dit wordt veroorzaakt door het schakelen van thyristoren, triacs, diacs en andere elektronica. De stroom is niet meer gelijkvormig aan de spanning. Dit is het kenmerk van een niet-lineaire belasting.

FO's, PLC's

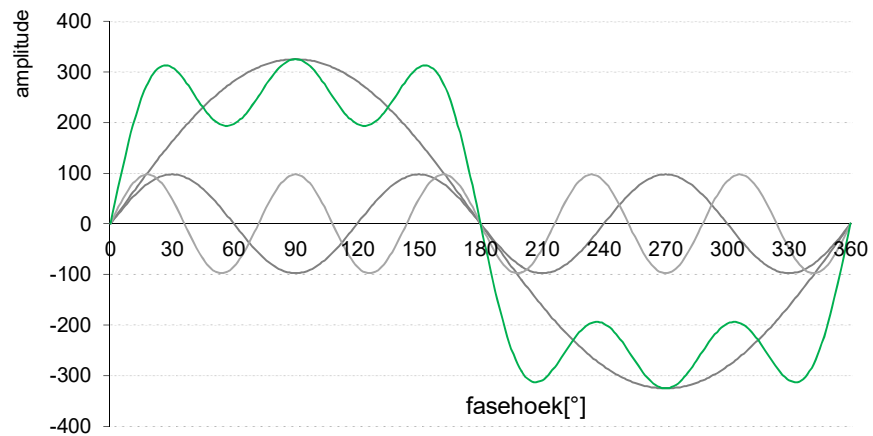
In kantoren staan doorgaans veel computers. Ook in industriële projecten kennen we veel vormen van niet-lineaire belasting hun intrede. Denk bijvoorbeeld aan softstarters, frequentieomvormers, PLC's etc.

LED

Daarnaast wordt er, voor zowel utiliteit als industrie, steeds meer gebruik gemaakt van hoogfrequente verlichting en LED-verlichting. Ook dit zijn niet-lineaire belastingen.

assimilatieverlichting

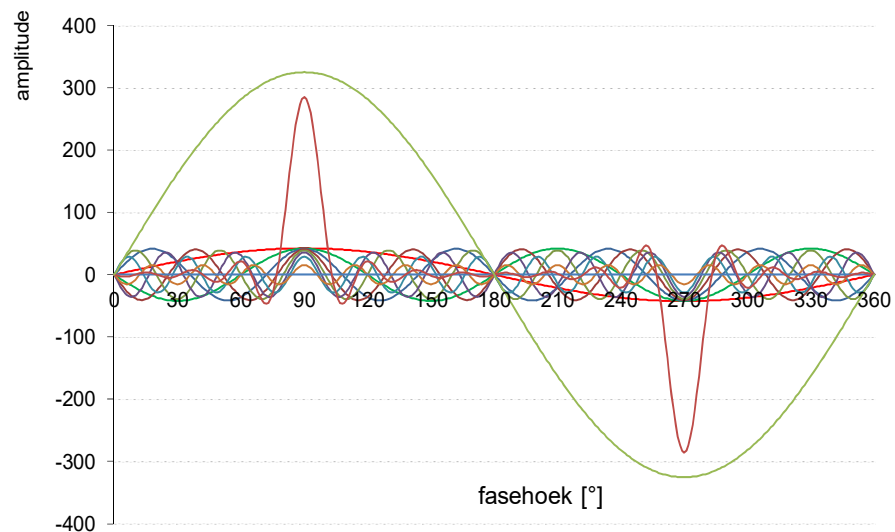
Ten slotte kun je bij niet-lineaire belasting denken aan assimilatieverlichting, schakelende voedingen, gelijkrichters, dimmers op basis van fase-aansnijding etc.



figuur 11

Deze resultante heeft weer een dermate andere verschijningsvorm dat je wel zult inzien dat er legio mogelijkheden zijn. Er zijn zelfs zoveel mogelijkheden dat nagenoeg iedere golfvorm als resultante verkregen kan worden.

Ook de vervormde stroom uit figuur 6 kunnen we opvatten als een optelling van een aantal harmonischen. In de volgende figuur zijn al deze componenten in de grafiek getekend.



figuur 12

De groene grafiek is nu de netspanning. Die is keurig sinusvormig. De rode lijn met de hoge top is de resultante stroom. Dat is dus feitelijk enige stroom die je met een scoop zou zien. Al het andere gekrioel van grafiekjes zijn de

Andere weergaven van harmonischen

De informatie die de vorige figuur ons verschaft is niet veelzeggend. Er staan te veel sinussen in om het overzicht te bewaren. Voor de duidelijkheid zou je alle hogere harmonischen ook in een tabel kunnen samenvatten.

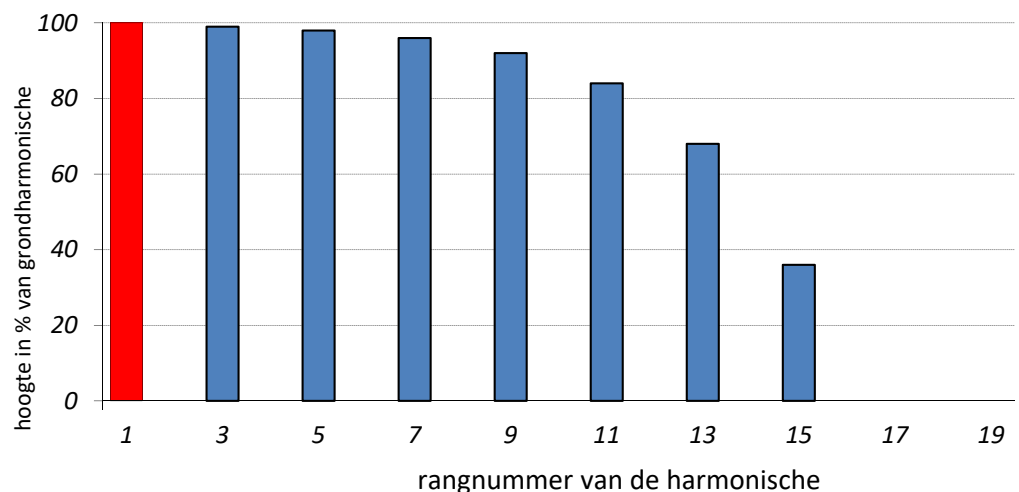
In de tabel 1 zijn alle hogere harmonische stromen opgenomen die figuur 12 bevat.

tabel 1

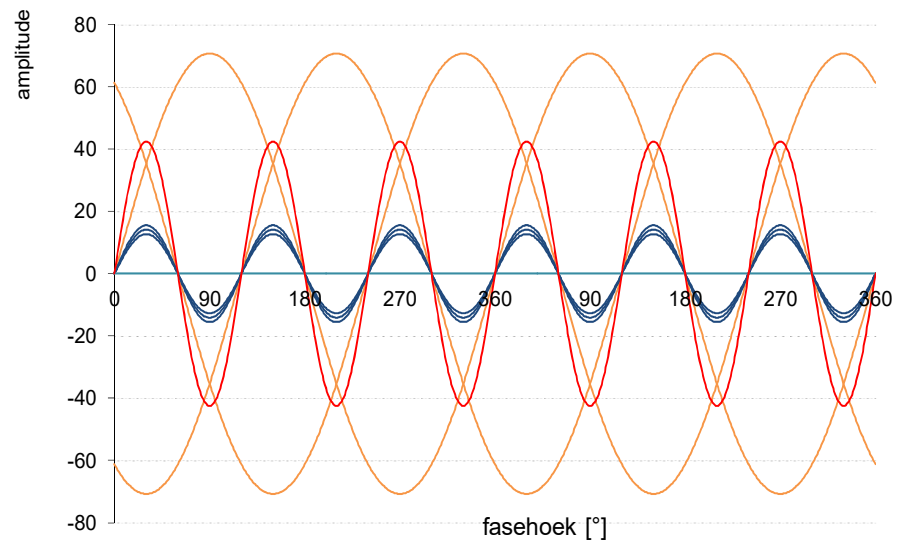
rangnummer v/d harmonische	hoogte in % t.o.v. grondharmonische	faseverschuiving t.o.v. grondharmonische
3	99	180°
5	98	0°
7	96	180°
9	92	0°
11	84	180°
13	68	0°
15	36	180°

histogram

Om nog een sneller overzicht te krijgen worden deze gegevens vaak samengevat in een histogram. Een voorbeeld hiervan zie je in de volgende figuur.



figuur 13

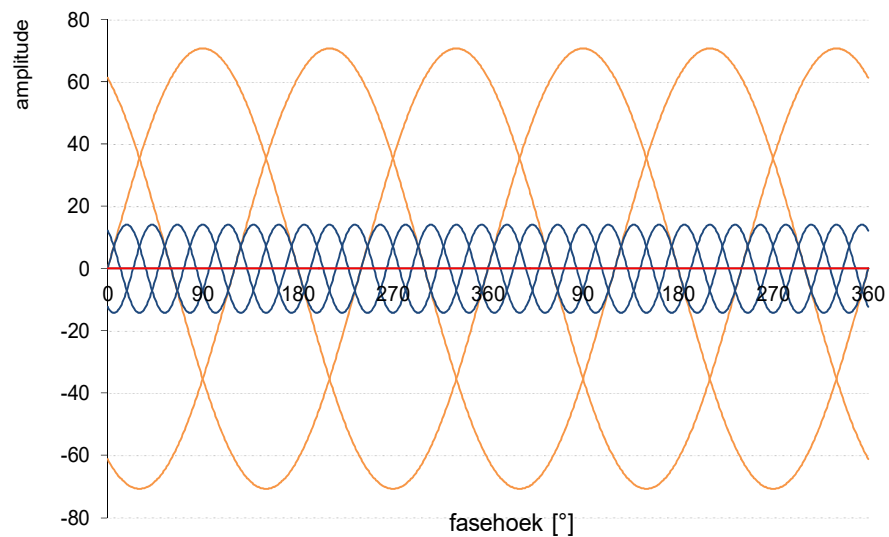


figuur 18

3^e in de nul

De derde harmonischen zijn weliswaar onderling 120° in fase verschoven, maar dit wordt door hun frequentie teniet gedaan. Ze vallen namelijk exact over elkaar heen (wanneer dezelfde amplitude gebruikt zou zijn). Daarom is hun resultante ook niet nul! De consequentie hiervan is dat er in de nulleider een stroom ten gevolge van de derde harmonische gaat lopen. En dat ondanks een perfect symmetrische belasting!

Bij een vijfde harmonische ontstaat dit probleem niet. 'Vijfden' hebben een resultante van 0 in de nulleider. Kijk maar eens naar de volgende figuur.



figuur 19

Nog even terug naar de derde harmonischen. Als we uitgaan van een derde harmonische van (slechts) 20% heeft dit al een stroom van $3 \times 20\% = 60\%$ van de nominaalstroom tot gevolg. Bij een nominale stroom van 50 A is dit dus 30 A!



Elektro**raad**

Galvanistraat 51
6716 AE Ede

0318 - 631 670
info@elektroraad.nl

WWW.ELEKTORRAAD.NL