

## ZX ronde van 10 april 2011

### Transformatoren

Vandaag een verhaaltje over de transformator geen speciale transformator maar gewoon een doorsnee voedingstransformator met een gelamelleerde kern.

De werking van de transformator is bij de meeste wel bekend.

Maar over het beveiligen van transformator is nog wel iets te vertellen.

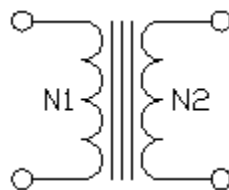
Regelmatig komen me berichten ter ore dat er wikkelingen zijn doorgebrand.

Een nieuwe transformator is meestal een kostbare aangelegenheid daarom is het belangrijk om de transformator goed te beveiligen.

Maar voor ik iets over de beveiliging ga zeggen eerst een stukje basis kennis over de transformator.

Een transformator bestaat uit een metalen kern met twee of meerdere spoelen. De metalen kern is meestal opgebouwd uit lamellen. De wikkeling waar elektrische energie aangevoerd wordt is de primaire wikkeling. De wikkeling waar energie afgenomen wordt is de secundaire wikkeling.

Een transformator werkt alleen op wisselspanning. Door aan de primaire wikkeling een wisselspanning  $U_p$  aan te sluiten gaat er een wisselstroom  $I_p$  lopen. Deze wisselstroom veroorzaakt een wisselend magneetveld in de metalen kern. Dit wisselend magneetveld veroorzaakt in de secundaire wikkeling een wisselspanning  $U_s$  en als er aan de secundaire zijde een belasting is aangesloten gaat er een wisselstroom  $I_s$  lopen



De spanning is evenredig met het aantal windingen.

( *De spannings verhouding*  $U_p / U_s = N_p / N_s$ . )

De stromen in de wikkelingen zijn omgekeerd evenredig met het aantal windingen.

( *Stroomverhouding*  $I_p / I_s = N_s / N_p$  )

## **Vermogen transformatoren**

Transformatoren kennen een toegekend vermogen, dit wil zeggen dat de transformator constructie de doorlaat van het vermogen bepaalt.

Het is immers zo dat de transformator niets anders doet dan galvanische gescheiden het vermogen van de primaire zijde naar de secundaire zijde overzet met het zelfde spanningsniveau of met een verschillend spanningsniveau.

## **Nominaal stroom**

De nominaal stroom van een enkelfase transformator wordt bepaalt uit

$$I_{\text{primair}} = P_s / U_{\text{primair}} \text{ of } I_{\text{secundair}} = P_s / U_{\text{secundair}}$$

Hierin is de nullaststroom even buiten beschouwing gelaten.

## **De kortsluitstroom**

Er wordt nog wel eens gedacht dat de kortsluitstroom aan secundaire zijde van de transformator net zo groot is als die van de netaansluiting waar deze primair op is aangesloten. Maar dat is niet zo!!

De kortsluitstroom wordt bepaald door de kortsluitspanning.

Wat is nu die kortsluitspanning

## **De kortsluitspanning $U_k$**

De kortsluitspanning wordt bepaald door de impedantie van de transformator.

De kortsluitspanning is gedefinieerd als de spanning die aan de primaire zijde van een transformator moet worden aangelegd om bij een kortgesloten secundaire winding de nominale stroom aan de primaire zijde te verkrijgen.

De kortsluitspanning wordt uitgedrukt in procenten van de nominale primaire spanning.

## **Metten kortsluitspanning $U_k$**

De kortsluitspanning is te meten door het uitvoeren van de volgende proefopstelling.

Men nemen de transformator hiervan sluiten we de secundaire wikkeling kort. We sluiten de primaire zijde aan op een regelbare wisselspanningbron.

We plaatsen een ampèremeter in serie met de bron en een voltmeter parallel hierover.

Daarna regelen we langzaam de spanning op tot de ampèremeter de nominale primaire stroom aangeeft van de transformator.

Daarna lezen we op de voltmeter de kortsluitspanning uit.

Als we de kortsluitspanning hebben genoteerd kunnen we de procentuele waarde bepalen.

Vooronderstel dat de primaire spanning 230 volt is en we hebben 18 volt kortsluitspanning gemeten dan is de procentuele kortsluitspanning

$U_k 8\% \text{ ofwel } \dots\dots\dots 18V / ( 230V / 100\% ) = 8\%$

De kortsluitstroom wordt bepaalt uit  $I_k = I_n \times 100 / U_k \%$

Waarom is die kortsluitstroom nu zo belangrijk?

Wel deze bepaalt de hoeveelheid energie die nodig is om onze trafobeveiliging op tijd te doen aanspreken.

### **Demping kortsluitstroom**

De kortsluitstroom op ter plaatse van de aansluitklemmen de transformator is het grootst.

Als we een apparaat aansluiten op deze transformator met daartussen een leiding dan zal er demping plaatsvinden van de kortsluitstroom in de leiding.

Deze demping wordt veroorzaakt door de impedantie van de leiding.

De impedantie is afhankelijk van de lengte en de doorsnede van de leiding.

Het kan zo zijn dat er zoveel demping optreedt dat de kortsluitstroom een overbelastingstroom wordt en zelfs door de transformator gezien wordt als een belasting.

De beveiliging zal dan ook niet meer aangesproken worden.

Het grote gevaar is de opwarming van de leiding.

Brandgevaar ligt dan ook op de loer.

Soms is demping erg welkom, de kortsluitstroom wordt immers gelimiteerd.

Misschien is het wel eens opgevallen dat als een transformator is ingebouwd er groter schade ontstaat bij kortsluiting dan wanneer de transformator of voeding op afstand staat opgesteld.

Schade ontstaat omdat onderdelen in het apparaat niet bestand zijn tegen de kortsluitstroom.

## **Inschakelstroom**

Dan hebben we nog een fenomeen, de inschakelstroom.

Deze speelt ook een rol voor het maken van een keuze voor een juiste beveiliging.

De inschakelstroom is een piek in de stroom die ontstaat tijdens het inschakelen van de transformator.

Deze inschakelstromen worden ook wel inrush stromen genoemd.

Ze ontstaan door het magnetiseren van de kern.

Er moet immers een wisselend magnetische veld zijn anders kunnen we geen vermogen overzetten.

Ik zal u een rekensommetje besparen, maar de vuistregel is dat deze inschakelstromen variëren tussen 5 en 10 maal de nominaal stroom gedurende 10 tot 40 mS.

## **Beveiligingen van de transformator**

Hoe kunnen we nu de transformator het best beveiligen.

We hebben de overbelastingstroom, de kortsluitstroom en de inschakelstroom. Op overbelasting en kortsluiting moet afgeschakeld worden.

De inschakelstroom kan er voor zorgen dat er ongewenst afgeschakeld wordt.

We moeten er voor zorgen dat de transformator niet beschadigd wordt door overbelasting of kortsluiting. Maar er tevens voor zorgen dat de bedrijfsvoering niet in het geding komt.

De beveiliging moet aanspreken als de nominaal stroom wordt overschreden door overbelasting of kortsluiting maar mag niet aanspreken door de inschakelstroom van de transformator.

Het verschil tussen de drie is simpelweg de tijd waarin de stroom oploopt en de grenswaarde bereikt waarbij de beveiliging aanspreekt.

Een ideale beveiliging is er niet, meestal wordt voor kleinere transformatoren een glaszekering toegepast met een vertragende werking.

Deze glaszekering worden geplaatst in het primaire circuit en is voor een enkele secundaire spoel afdoende.

Grote transformatoren worden beveiligd met een drie stage elektronische beveiligingsrelais waarin zowel de stromen als de tijden afzonderlijk kunnen worden ingesteld.

Ook wordt de temperatuur in de windingen bewaakt.

Even terug naar de kleine transformator, bij meerderen secundaire spoelen zoals een voedingstransformator in een transceiver kan het beveiligen wat gecompliceerder zijn.

De zekering in de primaire spoel spreekt aan als de primaire nominaal stroom wordt overschreden.

De primaire overbelasting of kortsluitstroom is in verhouding met de som van de secundaire stromen van de secundaire spoelen.

In welke spoel de overbelasting of kortsluiting plaats vindt is niet bekend.

We kunnen zeggen dat dit niet uit maakt als de overstroom maar afgeschakeld wordt.

Dit gaat niet altijd goed, een voorbeeld is de overstroom in de hoogspanning spoel.

Deze bestaat uit heel veel windingen dun draad.

Relatief loopt er nominaal maar weinig stroom, een overbelasting of kortsluitstroom kan er voor zorgen dat de draad in een winding eerder doorbrand dan dat de primaire zekering doorsmelt.

Ter bescherming kan een zekering opgenomen worden in het secundaire circuit van de hoogspanningsspoel.

Ideaal als deze selectief is ten opzicht van de zekering in het primaire circuit.

Let er wel op dat zekeringen voor hoogspanning constructief anders zijn uitgevoerd dan voor laagspanning.

De maximale spanning en karakteristiek staan meestal vermeld op de zekering.

### **Nu even wat highlights**

We hebben rekening te houden met de overbelastingstroom, de kortsluitstroom en de inschakelstroom.

Een stroom / tijd diagram geeft de stroom en tijd aan wanneer een beveiliging aanspreekt.

Overbelastingstroom kan leiden tot brandgevaar als de kortgesloten leiding zich gaat gedragen als een belasting.

Dit kan voorkomen worden door de impedantie van de aangesloten leiding te verlagen.

Denk maar eens aan het beperken van de lengte of kiezen voor een grotere doorsnede van de geleider.

### **Tot slot!!!**

Ideale beveiligingen bestaan niet. Ieder voordeel heeft zijn nadeel!