

## Energieopslag d.m.v. vliegwiel .....ZX ronde 17 augustus 2014

### Elektriciteitopslag.

De opslag van grote hoeveelheden elektriciteit is tot nu nog een groot probleem. Elektriciteit wordt nu nog steeds in batterijen opgeslagen.

Omdat in batterijen alleen gelijkstroom kan worden opgeslagen moeten we wisselstroom op het juiste spanningsniveau brengen en gelijkrichten om deze in batterijen te kunnen opslaan.

Bij het ontladen van batterijen moet de gelijkspanning via een converter omgezet worden naar wisselspanning.

Het geheel is een dubbel conversie systeem waarbij twee maal verliezen optreden.

De levensduur van een batterij is beperkt.. e.e.a afhankelijk van fabrikaat, type, kwaliteit, aantal ontladingen en de omgevingstemperatuur.

### Noodvoeding systemen. ( UPS systemen ( *Uninterruptible Power System* )

Batterijen worden gebruikt in UPS systemen welke de elektriciteit moeten leveren als de netspanning wordt gestoord of geheel uitvalt.

Met name belangrijk voor de elektriciteit voorziening voor vitale delen van Datacenters , Banken, Ziekenhuizen enz.

Denk hierbij aan veiligheid voorzieningen, patiënten behandeling , dataverwerking, communicatie, internet gerelateerde zaken, enz...

Hier wordt geen enkele spanningsonderbreking getolereerd omdat dit ernstige gevolgen kan hebben voor de bedrijfsvoering.

In veel gevallen leveren deze back-up systemen de elektriciteit tot het moment dat de eigen opgestelde generatoren zijn opgestart en ingeschakeld.

De opstart en inschakeltijd van generatoren bedraagt ongeveer 10 tot 25 seconden afhankelijk van de grote en het aantal in te schakelen generatoren.

Veel instellingen en bedrijven hebben geen generatoren en zijn afhankelijk van de opgestelde UPS systemen.

De autonomie van de batterijen wordt bepaald door de capaciteit van de batterijen, het afgenomen vermogen en de tijd dat de netspanning afwezig is..

Voor generatoren geldt dat zolang er brandstof voorradig is kunnen ze blijven draaien.

Gelukkig duurt een netuitval in Nederland niet lang een uitzondering daar gelaten. ( *gemiddelde uitval ongeveer 20 minuten per jaar* )

Tot zover de conventionele noodstroom systemen.

### **Dan het vliegwiel als accu**

In het algemeen geldt dat in bewegende voorwerpen energie zit opgesloten. Deze hoeveelheid energie is voor een in een rechte lijn bewegend voorwerp volgens de formule ( $E_{\text{kinetisch}} = 1/2 mv^2$ . ) uit de klassieke mechanica

De werking van een vliegwiel berust op het grote traagheidsmoment als gevolg van de grote massa. Hoe groter het traagheidsmoment hoe moeilijker om het vliegwiel op gang te krijgen, maar als het eenmaal draait is het moeilijk af te remmen, en blijft de rotatie gelijkmatig.

Bij het in gang brengen van het vliegwiel wordt arbeid omgezet in kinetische energie. Omgekeerd wordt die kinetische energie bij het afremmen weer omgezet in arbeid. Men zou dus kunnen zeggen dat het vliegwiel fungeert als een accu, die energie opslaat als kinetische energie.

Als we het vliegwiel beschouwen als een cilinder met massa en straal, dan is het traagheidsmoment hiervan gelijk aan:

Traagheidsmoment =  $1/2$  massa x de straal ( $r^2$ ).  
Het traagheidsmoment wordt uitgedrukt in kg m<sup>2</sup> .

*Traagheidsmoment uitgelegd als een object dat zich verzet tegen verandering van de draaisnelheid om een as*

De kinetische energie van een draaiend vliegwiel wordt berekend volgens :

$E_{\text{kinetisch}} = 1/2 \times \text{Traagheidsmoment ( I )} \times \text{Hoeksnelheid ( } \omega^2 \text{ )}$   
Waarbij de hoeksnelheid in ( rad/sec ) en  $E_{\text{kinetisch}}$  in ( joules )

*Om aan te geven hoe snel zo'n voorwerp ronddraait, gebruiken we de grootte hoeksnelheid.*

*Daarmee wordt de hoekverdraaiing per tijdseenheid bedoeld*

### **voorbeeld:**

We hebben een vliegwiel van 300 kg met doorsnede van 2 meter met een rotatiesnelheid van 3000 toeren per minuut.

Hoeksnelheid ( $\omega$ ) = 3000 omwenteling/minuut x  $(2\pi)$  6,26 / (60 seconden) = 314 rad/s.

Traagheidsmoment ( $I$ ) =  $\frac{1}{2}$  massa x de straal ( $r^2$ ) =  
 $\frac{1}{2}$  x 300 x 1 = 150 kg m<sup>2</sup>

$E_{\text{kinetisch}} = \frac{1}{2}$  x Traagheidsmoment ( $I$ ) x Hoeksnelheid ( $\omega^2$ )  
=  $\frac{1}{2}$  x 150 x 314<sup>2</sup> = 7.394.700 joules

Met deze energie kan dit vliegwiel 20 seconden lang ongeveer 370 kW leveren. Hierin zijn de Watt verliezen niet meegerekend die ontstaan door wrijving.

Dit voorbeeld geeft een indruk van de grote hoeveelheid energie die is opgeslagen in dit vliegwiel systeem.

Willen we de energie in het vliegwiel behouden moet deze in beweging worden gehouden wat natuurlijk energie kost.

### **Werking van een Vliegwiel accu UPS systeem**

*( bespreken 1 systeem van meerdere vliegwiel systemen)*

Het vliegwiel wordt op toeren gebracht door een elektromotor die tevens als generator dient. Deze is geplaatst om de hoofdas van het vliegwiel systeem

De opgewekte elektriciteit door de generator is niet direct bruikbaar omdat de spanning en frequentie afwijken van de netspanning en netfrequentie..

De generatorspanning wordt gelijkgericht naar gelijkspanning welke omgezet wordt door een converter die hier weer 50Hz wisselspanning van maakt.

Het omzetten gebeurt door een dubbel conversie systeem.

De werking is eigenlijk op gelijke wijze als bij een statisch UPS systeem.

De opgewekte spanning uit het dubbel conversie systeem wordt synchroon geschakeld aan het netspanningcircuit.

Zodra er een net storing wordt gedetecteerd wordt het netspanningcircuit onderbroken door een statische vermogen schakelaar die in een paar 100 microseconden het circuit onderbreekt.

De kinetische energie uit het vliegwiel zorgt er nu voor dat de generator in het vliegwielsysteem de aangesloten belasting blijft voeden via het dubbel conversie systeem.

Een groot verschil met een statische UPS is dat de netspanning in een statische UPS volledig wordt gelijkgericht en weer omgezet naar wisselspanning. Waarbij de batterijen gekoppeld zijn aan het gelijkstroom circuit van het dubbel conversie systeem.

Bij een Vliegwiel systeem maakt het dubbelconversie systeem geen deel uit van het netspanning circuit, hij is er alleen aan gekoppeld

### **Energie verliezen**

De dubbel conversie levert voor beide systemen verliezen op welke in warmte worden omgezet.

Met dit verschil dat deze verliezen bij een statisch UPS systeem 24 uur per dag en 7 dagen in week aanwezig zijn e.e.a afhankelijk van de afgenomen belasting.

Bij een Vliegwiel systeem is dit alleen maar op het moment dat het vliegwiel zijn energie moet afstaan aan de aangesloten belasting bij netuitval bijvoorbeeld.

Omdat de massa van het vliegwiel een hele hoge rotatie snelheid heeft is de benodigde energie toevoer erg laag.

( Voor een 300 kW vliegwiel +/- 2 kW nodig om deze in rotatie te houden )

Om de wrijvingsverliezen te beperken is het vliegwiel met motor / generator geplaatst in een bijna vacuüm ruimte. De hoofdas is opgehangen in een magnetisch lager.

*Magnetisch radiale lagers worden meestal met actieve magneten uitgevoerd, dus elektromagneten die via een regelmechanisme de lagerspleet constant houdt.*

## Vergelijk Vliegwiel UPS en statische UPS

### Voor en nadelen van een Vliegwiel UPS

Voordelen	Nadelen
Geen batterijen vervangen	Geluid door continu rotatie beweging
Minder systeem verliezen	Een maal per 5 jaar onderlagers vervangen
Minder milieu vervuילend	Kleine autonomie tijd +/- <> 20 seconden
Grote netsterkte aan de uitgang	Hogere aanschafkosten.
Is energie zuiniger ( afhankelijk van systeem )	
Snellere Laadtijd +/- 7 min / 300kW	
Geen problemen met defecte cellen in een batterij string.	

Ter indicatie::Benodigde batterijen bij een statische UPS voor 300kW / 20 seconden...

+/- 70 stuks VRLA 12VDC /60Ah batterijen met 10 –20% energie verlies.  
( 2x 420VDC parallel..35stuks in een string met een max stroom van 500 A.)

In de praktijk blijkt dat in de afschaft kosten een vliegwiel UPS duurder is maar in de beheerskosten over langer termijn ( Opex kosten ) valt dit in het voordeel uit van het vliegwiel UPS.

Men moet dus goed rekenen voordat met besluit een vliegwiel UPS aan te schaffen

Voor een installatie van bijvoorbeeld >300 kW ligt het kantel punt op ongeveer 7 jaar.

Maar de techniek schrijdt voort dat betekent dat in de toekomst de verhoudingen wel eens flink kunnen wijzigen door allerlei innovaties.

### Actieve filtering UPS systemen.

Beide systemen hebben een actief filtering systeem waarmee ze zorgen dat de Power factor op de uitgang in de van 0,98 blijft.

De benodigde extra energie hiervoor wordt uit de batterijen of vliegwiel gehaald.

## **Toepassing Vliegwielen ( Kinetische energie )**

Vliegwielen worden natuurlijk niet alleen in UPS systemen toegepast maar je komt ze overal tegen.

Tegenwoordig vooral mede door toedoen door de opkomst van goedkopere magnetische lagers

### **Klein anekdote over de toepassing van een vliegwiel in het verleden.**

#### **De Gyrobus ( afgeleide van de Trolleybus )**

De **gyrobus** is een elektrisch aangedreven autobus die vanaf de jaren '40 is ontwikkeld door de Zwitserse firma [Oerlikon](#).

De eerste Gyrobus werd in 1950 gedemonstreerd.

De naam komt van het Griekse woord *gyros* dat schijf of draaitol betekent.

De elektrische energie van de gyrobus is niet afkomstig van een bovenleiding zoals bij de trolleybus maar van een generator die wordt aangedreven door een 1500 kilo zwaar vliegwiel in de bus. Bij de haltes langs de route klapt de Gyrobus een uit drie stangen bestaande stroomafnemer omhoog om krachtstroom (driefase wisselstroom) af te nemen voor een elektromotor die het vliegwiel op snelheid brengt - tot zo'n 3000 omwentelingen per minuut. Nadat de stroomafnemer is ingetrokken fungeert de elektromotor als generator, aangedreven door het vliegwiel. De hiermee opgewekte elektriciteit drijft een tweede elektromotor aan die zich achterin de bus bevindt. Deze elektromotor verzorgt de aandrijving van de bus. Remenergie wordt (gedeeltelijk) gebruikt om het vliegwiel weer op toeren te brengen (regeneratief remmen). Het vliegwiel draait in een gasdichte behuizing onderin de bus, gevuld met waterstof op onderdruk om energieverlies door wrijving te beperken.

Tevens werden vliegwielen al toegepast in stoommachines, en tegenwoordig bijvoorbeeld in auto's voor brandstofbesparing, havenkranen en zelfs in fietsen met trapondersteuning

Maar ook in gyroscopen enz.

Tot zover even het verhaaltje van vandaag....