
Memo Meetnauwkeurigheid HSB MRTS
Doc. No. PHO-0387-A0-2-1
Auteur Gerard Scholten
Datum 05-okt-2017
Versie 001

De vereiste meetnauwkeurigheden voor spanningen van de hoogspanningsvoedingen is niet duidelijk gespecificeerd maar het zou als volgt geïnterpreteerd kunnen worden:

- Anode behandeling voeding: 10% van volle 10KV schaal
- Kathode/MCP behandeling voeding: 5% van volle 2KV
- Tesla behandeling: 5% van volle 6KV schaal

Hierna volgt een analyse van de te verwachten meetnauwkeurigheid voor en na calibratie.

Anode meetcircuit

1. HV spanningsdeler weerstandstolerantie
Spanningsdeler bestaat uit twee weerstanden (1% en een 0.1% tolerantie). De maximale tolerantie van de spanningsdeler is afgerond 1.1%. Deze tolerantie kan worden weg-gekalibreerd maar daar is een hoogspanningsbron met aanzienlijk kleinere tolerantie voor nodig. Gedurende een jaar na calibratie is een nauwkeurigheid van < 0.5% te verwachten.
2. Hoogspanningsweerstand voltage coëfficiënt.
Deze is volgens de datasheet maximaal 2ppm/volt. Bij 10KV is dat 2%. Hoe deze afwijking in tijd verloopt is niet gespecificeerd, een conservatieve schatting is dat na calibratie 1% aangehouden kan worden. Ook hier geldt dat voor calibratie een nauwkeurige hoogspanningsbron nodig.
3. Opamp offset.
max offset volgens datasheet is 0.22mV, er staan twee opamps achter elkaar dus dat resulteert in 0.44mV. Dat is ca 0.02% van 2.5V volle schaal. Bij lagere spanningen neemt de onnauwkeurigheid toe omdat het een vaste spanningsafwijking betreft. Deze afwijking kan worden weg-gekalibreerd en de inschatting is ook hier de helft na calibratie: 0.01%.
4. Opamp bias current.
Volgens de datasheet max 50pA. Dit is een factor 5 miljoen minder dan de stroom die door de spanningsdeler loopt bij 10KV dus de resulterende afwijking is verwaarloosbaar.
5. Voltage reference.
Volgens de datasheet geeft deze maximaal 0.2% afwijking. Ook hier helpt calibratie en schat ik na calibratie 0.1%.
6. ADC
De datasheet spect 15.5 LSB voor calibratie en 7.5LSB erna. Dat komt neer op respectievelijk 0.4% en 0.2% van volle schaal. Net als bij de opamp_offset geldt dat de procentuele afwijking toeneemt bij lagere spanningen.
7. Schakelcapaciteit.
Elke SAR ADC schakelt een condensator parallel aan de ingang bij het nemen van een sample. Het opladen van deze condensator veroorzaakt een afwijking die afhankelijk is van de impedantie van de aansturende spanningsbron en ook van de sample rate. De ADC datasheet vermeldt geen specs maar ik zou geen lagere sample rate dan 1ksp/s toepassen. Of de 330 ohm weerstand nog iets merkbaars doet in deze situatie kun je verifiëren door tijdelijk een 100nf condensator parallel over



de zenerdiode te zetten en checken of dit verschil maakt. Dat zou ik wel doen maar voorlopig zet ik de afwijking op nul omdat het in ieder geval na verificatie als een vaste factor is te beschouwen die in de software kan worden weggewerkt.

8. Externe factoren.

Een giga-ohm weerstand is erg hoog en beïnvloedbaar door wat er in de lucht zit. Ik zou deze weerstand daarom coaten. Als dit gedaan is zal de afwijking wellicht meevallen. Ik kan ook geen andere omstandigheden zo bedenken die invloed kunnen hebben maar met hoge spanningen en hoge impedanties weet je het nooit zeker. Voorlopig zet ik het maar op nul.

In onderstaande tabel zijn alle afwijkingen opgeteld om tot een maximale afwijking te komen. Dit is een conservatieve benadering omdat de kans erg klein is dat alle afwijkingen maximaal zijn en dezelfde kant op wijzen. De afwijkingen zijn percentages van volle schaal.

Afwijking Oorzaak	Afwijking voor calibratie	Afwijking na calibratie
HV spanningsdeler weerstandstolerantie	1.1%	0.5%
Hoogspanningsweerstand voltage coëfficiënt	2%	1%
Opamp offset	0.02%	0.01%
Voltage reference	0.2%	0.1%
ADC	0.4%	0.2%
Som	<u>3.72%</u>	<u>1.81%</u>

Kathode /MCP meetcircuit

Hiervoor geldt bijna hetzelfde als voor de anode voeding, alleen de voltage coëfficiënt geeft een ander getal omdat de spanning lager is, namelijk 2KV i.p.v. 10KV

Afwijking Oorzaak	Afwijking voor calibratie	Afwijking na calibratie
HV spanningsdeler weerstandstolerantie	1.1%	0.5%
Hoogspanningsweerstand voltage coëfficiënt	0.4%	0.2%
Opamp offset	0.02%	0.01%
Voltage reference	0.2%	0.1%
ADC	0.4%	0.2%
Som	<u>2.12%</u>	<u>1.01%</u>

TESLA meetcircuit

Hiervoor geldt ook bijna hetzelfde als voor de anode voeding, alleen de voltage coëfficiënt geeft een ander getal omdat de spanning lager is, namelijk 6KV i.p.v. 10KV

Afwijking Oorzaak	Afwijking voor calibratie	Afwijking na calibratie
HV spanningsdeler weerstandstolerantie	1.1%	0.5%
Hoogspanningsweerstand voltage coëfficiënt	1.2%	0.6%
Opamp offset	0.02%	0.01%
Voltage reference	0.2%	0.1%
ADC	0.4%	0.2%
Som	<u>2.92%</u>	<u>1.41%</u>

Conclusie

voor de meetnauwkeurigheid is het niet nodig om te kalibreren maar een periodieke check is wel aan te bevelen omdat een hele kleine lekstroom al behoorlijke invloed heeft.