



Strumentazione e sistemi

SERVIZIO MISURE

Relazione Tecnica

MISURE ED ISPEZIONE

CLIENTE

UNITA'

IMPIANTO

DATA

DOCUMENTO #

PAGINE

AUTORE

CONTROLLATO da

APPROVATO da

CVA

ALTERNATORE 1

QUART

22 NOVEMBRE 2010

SM-10257G

30 più 8 allegati

SIMONE GALENDA

FABIO GIANELLI

MAURO MASSERDOTTI

SOMMARIO

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | DATI DELL'ALTERNATORE | 3 |
| 2 | SINTESI DELL'ATTIVITA' E SUGGERIMENTI | 4 |
| 3 | RESISTENZA DELL'ISOLAMENTO STATORICO ED IP | 7 |
| 4 | RESISTENZA OHMICA AVVOLGIMENTO STATORICO | 10 |
| 5 | MISURA DEL TANGENTE DELTA E DELLA CAPACITA' | 11 |
| 6 | MISURA DELLE SCARICHE PARZIALI OFF LINE..... | 17 |
| 6.1 | Introduzione all'interpretazione delle misure | 17 |
| 6.2 | Andamento degli indici caratteristici al variare della tensione in prova (valori espressi in mV in funzione della tensione di prova) | 18 |
| 6.3 | MISURA IN MODALITA' HIGH FREQUENCY | 20 |
| 6.3.1 | Andamento degli indici caratteristici alla massima tensione di prova | 20 |
| 7 | MISURA DELLA IMPEDENZA STATICA..... | 21 |
| 7.1 | MISURA RIFLETTOMETRICA (RSO)..... | 24 |
| 8 | RESISTENZA OHMICA DELL'AVVOLGIMENTO ROTORICO | 25 |
| 9 | RESISTENZA DELL'ISOLAMENTO ROTORICO..... | 26 |
| 10 | ISPEZIONE VISIVA..... | 27 |
| 10.1 | STATORE | 27 |
| 10.2 | ROTORE..... | 29 |

1 DATI DELL'ALTERNATORE

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| GENERATORE TIPO | ST520 |
| COSTRUTTORE | BREDA |
| ANNO | 1956 |
| SERIAL NUMBER | 8605 |
| POTENZA NOMINALE | 45 MVA |
| TENSIONE NOMINALE | 10 kV |
| CORRENTE NOMINALE | 4500 A |
| COSφ | 0,9R |
| CLASSE DI ISOLAMENTO AVV. STATORE | B? |
| ECCITAZIONE TIPO | STATICA ABB |
| CORRENTE DI ECCITAZIONE NOMINALE | 870 A |
| TENSIONE DI ECCITAZIONE NOMINALE | 380 V |
| FREQUENZA | 50 Hz |
| # POLI | 20 |
| # SPIRE PER OGNI POLO ROTORICO | 54 (DA DISEGNI COSTRUTTIVI) |
| # GIRI | 300 rpm |
| ASSE | ORIZZONTALE |
| ACCOPPIATO A TURBINA TIPO | 2 FRANCIS ORIZZONTALI |

2 SINTESI DELL'ATTIVITA' E SUGGERIMENTI

Dal 22 Novembre 2010 il personale di Ampere ha eseguito una serie di test elettrici ed ispezioni sull'alternatore della centrale CVA di Quart. Per consentire l'esecuzione dell'attività oggetto della relazione, l'alternatore è stato scollegato dalla rete e sono stati rimossi i due scudi frontali.

Nel 2007 l'alternatore era già stato oggetto di una serie di test ed ispezioni, l'attività del 2010 è stata ulteriormente estesa attraverso l'esecuzione di un maggior numero di test ed indagini volte a stabilire con maggior dettaglio le condizioni del generatore.

- STATORE

La misura della resistenza dell'isolamento e dell'indice di polarizzazione delle tre fasi ha fornito valori nella norma ed indicativi di un avvolgimento non contaminato da sporcizia e ben essiccato.

Le tre fasi hanno anche valori di resistenza ohmica confrontabili sia tra di loro, sia con le misure precedenti, quindi non è stata evidenziata alcuna problematica alle brasature statoriche ed alle connessioni.

La misura del tangente delta e della capacità statorica ha fornito risultati nel complesso paragonabili a quelli ottenuti nel 2007: il valore iniziale del tandelta è tipico per avvolgimenti degli anni 60 ed evidenzia un aumento dell'energia dissipata nel dielettrico a partire da circa 4kV.

La misura del tan delta fornisce principalmente indicazioni sullo stato complessivo del dielettrico di un avvolgimento, quindi per ottenere maggiori indicazioni su problemi localizzati sono state eseguite le misure delle scariche parziali.

Le misure PD off-line hanno evidenziato su tutte le tre fasi statoriche scariche parziali che si innescano e si estinguono ad una tensione compresa tra i 3 ed i 4kV. Alla massima tensione di prova e dopo la tensione di innesco delle scariche, si riconosce su tutte le fasi una leggera predominanza degli impulsi che avvengono durante la semionda positiva della tensione di alimentazione ed in particolare attorno ai 45°.

Sulla base del comportamento degli impulsi, una predominanza degli impulsi attorno ai 45° indica di norma un'attività PD che ha origine vicino alla superficie dei conduttori in rame, all'interno dell'isolamento. Tale attività PD è il risultato di vacuoli dovuti a carichi ciclici che sollecitano la coesione tra il conduttore e i primi strati di nastro isolante.

Questa separazione interna nell'isolamento a livello del conduttore è caratteristica di una macchina caricata ciclicamente ed avviene a seguito della temperatura raggiunta dal conduttore e delle forze di espansione termica, che compromettono l'aderenza tra conduttore e isolamento. In ogni caso, dopo molti anni di servizio, anche avvolgimenti fatti a regola d'arte cominciano a mostrare segni di cedimento in questa zona. A causa della posizione dei vacuoli, vicino ai conduttori in rame, non esiste un metodo di riparazione efficace e affidabile per questo problema che potrebbe essere stato aggravato dall'allagamento dell'alternatore.

Soprattutto sulla fase V si riconoscono anche impulsi PD vicini al passaggio per lo zero della tensione di alimentazione che si possono associare a scariche in uscita cava nella zona di passaggio tra protezione corona di cava e vernice "semiconduttiva" per la gradazione del potenziale.

L'ispezione visiva ha confermato quanto già riscontrato nel 2007 cioè uno stato della biettazione statorica fortemente compromesso. Su diverse cave, nella metà inferiore del pacco, le zeppe sono uscite dalla coda di rondine e dopo aver battuto contro il rotore sono state ritrovate nella zona degli scudi. I segni del grave allentamento della biettazione sono visibili in diversi punti del pacco e si riconoscono dalle macchie rosse dovute a polverino ossidato piuttosto diffuse nell'alternatore.

Rispetto al 2007, il miglior accesso all'alternatore ha permesso di individuare diversi segni di scariche parziali nella zona di uscita cava, le scariche parziali sono state localizzate nella zona della gradazione del potenziale ed anche nei primi canali di ventilazione del pacco. E' probabile che l'allentamento delle biette, correlato al successivo movimento dell'avvolgimento nella cava, abbia nel tempo provocato un degrado della protezione corona di cava. Tale fenomeno evolve col funzionamento fino a degenerare in guasti verso terra che avvengono più frequentemente nelle barre vicine ai terminali di linea.

Durante la fermata si è reso necessario il ripristino dell'isolamento di un terminale di centro stella che quando sottoposto alla sollecitazione elettrica scaricava in prossimità dei TA, non si esclude che anche gli altri passanti siano in condizioni simili e quindi andrebbero controllati durante l'eventuale prossima manutenzione.

Per la manutenzione dell'avvolgimento statorico che è sicuramente da programmare si possono seguire due strade a seconda del grado di affidabilità atteso al termine dei lavori.

Una prima ipotesi di revisione generale del generatore dovrebbe includere le seguenti attività:

1. Rimozione dei poli per permettere l'accesso allo statore
2. Controllo biette e creazione della mappa dettagliata attraverso durometro Equotip tipo D.
3. Ispezione endoscopica del tratto in cava attraverso i canali di ventilazione.
4. Misura delle resistenze di contatto nel tratto in cava per la verifica della condizione della protezione anticorona di cava.
5. Ispezione del pacco statorico per la localizzazione di eventuali corti tra lamierini.
6. Prova di tensione con misura delle correnti di dispersione ad un valore minimo consigliato di 20kV in corrente continua.
7. Definizione delle attività da svolgere (sostituzione barre, biette, eventuali riparazioni del pacco)
8. Ribettazione dell'avvolgimento tenendo conto che la tipologia di isolamento richiede accorgimenti particolari durante l'esecuzione del lavoro che deve essere eseguito da manodopera esperta.
9. Prova di tensione a valore ridotto rispetto alla precedente (punto 6).

Le prove di tensione applicata previste al p.to 6 e 9 garantirebbero una affidabilità nel breve-medio periodo. Nel caso accertamento del degrado della protezione corona di cava, risulterebbe comunque difficile ripristinarne l'efficacia dell'isolamento senza estrarre le barre.

Prima di eseguire le attività di manutenzione, tutte le barre di ricambio andrebbero preventivamente essiccate, provate e messe in conservazione nel sacco barriera.

Come seconda ipotesi manutentiva, per garantire un'affidabilità nel lungo periodo, si suggerisce di valutare economicamente e tecnicamente anche la possibilità di eseguire un riavvolgimento completo del generatore considerando che si hanno già a disposizione una certa quantità di barre di ricambio ed anche alcuni disegni costruttivi.

Anche in caso di riavvolgimento, un controllo del pacco statorico sarebbe necessario dopo l'eventuale rimozione delle barre. Al termine dei lavori l'avvolgimento andrebbe testato nel rispetto delle procedure previste dalle norme internazionali per macchine nuove.

Si suggerisce anche di aumentare lo spazio tra terminali e carpenteria metallica che attualmente è insufficiente.

- ROTORE

L'avvolgimento rotorico dell'alternatore di Quart ha mostrato un basso livello di isolamento verso massa che si traduce in imprevisti fuori servizio per terra rotore specialmente durante le fasi di riavviamento dopo i periodi di fermo macchina. Attualmente questa condizione di isolamento vanifica lo scopo della protezione di terra rotore 64R che deve essere tarata molto bassa.

In occasione della eventuale manutenzione da programmare sarebbe opportuno scollegare le brasature delle connessioni agli anelli per permettere di provare l'avvolgimento con solo i 20 poli collegati e senza anelli; anche una pulizia di tutte le connessioni interpolari sarebbe necessaria per poter verificare il reale stato dell'isolamento rotorico.

Sui poli 4, 5 e 6 sono stati riscontrati dei danneggiamenti alla gabbia smorzatrice che dovrebbero essere ripristinati.

Il polo 5 è affetto anche da un'indicazione di cortocircuiti tra le spire della bobina che si è manifestata con un basso valore di impedenza.

Nulla da segnalare per quanto riguarda la resistenza ohmica dell'avvolgimento rotorico che si è mantenuta sui livelli del 2007.

Al fine di completare la diagnostica si suggerisce l'esecuzione di una misura di sonda di flusso (si è reperito dai disegni costruttivi il numero esatto di spire per ogni polo che è fondamentale per la corretta esecuzione del test), inoltre in occasione della fermata è stato anche installato un riferimento per la determinazione della posizione del rotore.

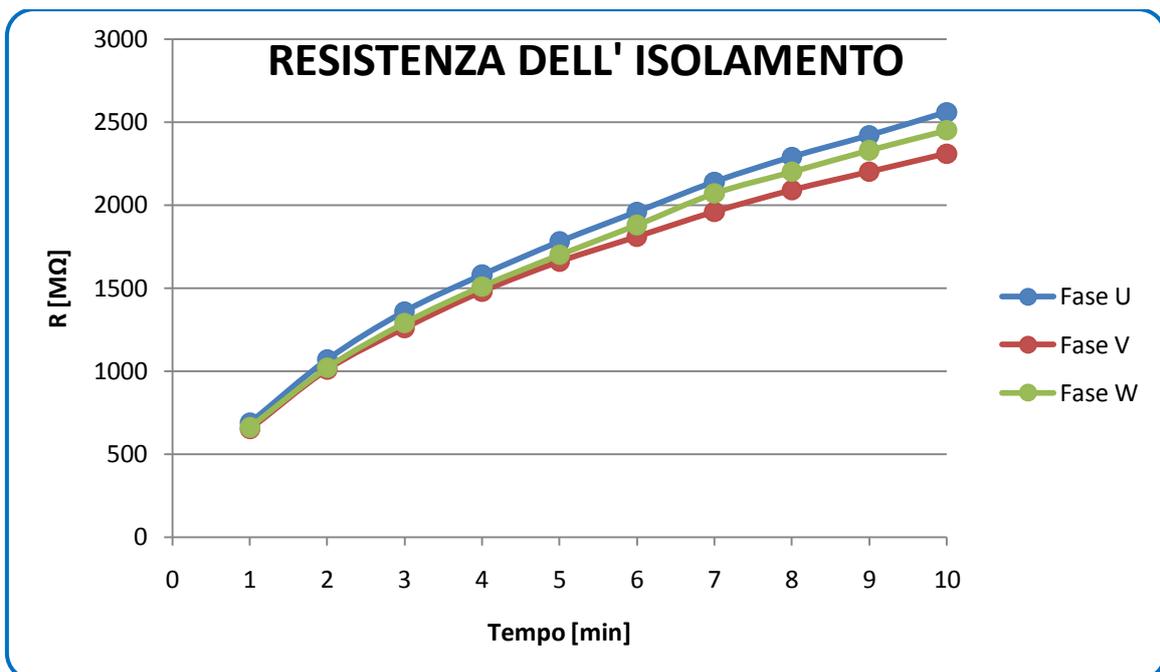
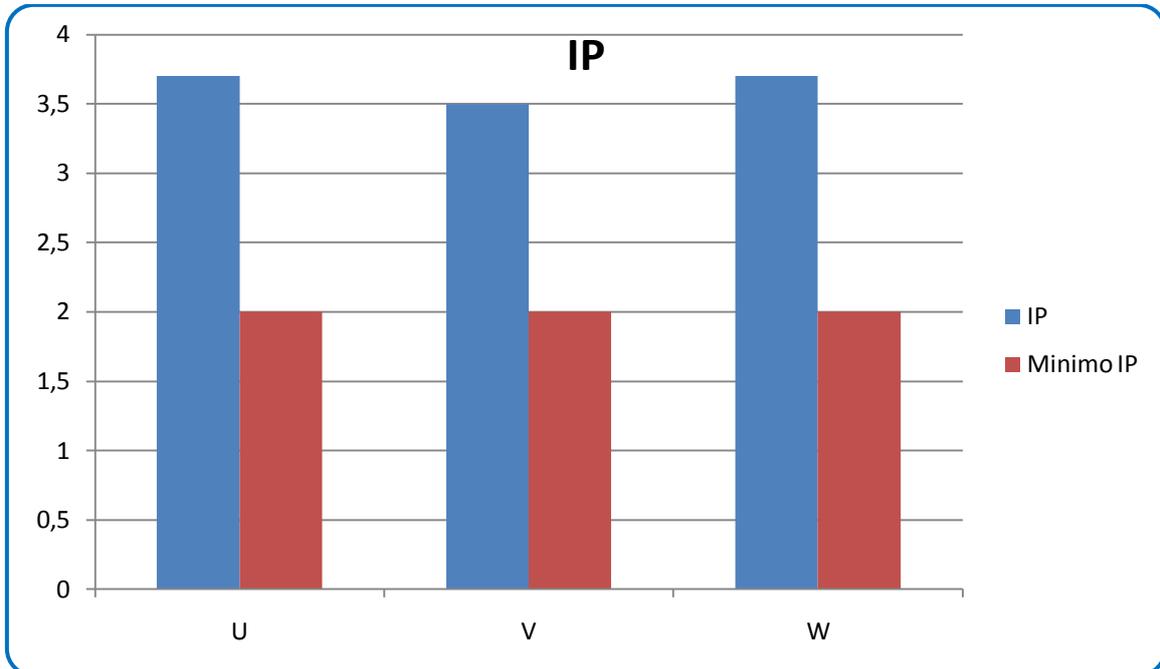
Un rilievo della caratteristica a vuoto del generatore è altresì consigliato per valutare la presenza di cortocircuiti nell'avvolgimento rotorico attraverso il confronto con il rilievo effettuato a macchina nuova.

La misura della resistenza dell'isolamento rotorico dovrebbe essere ripetuta prima possibile con macchina calda sia ai giri nominali, sia con generatore appena fermato, con l'esecuzione di questo test si eliminerebbe l'influenza dell'umidità sui risultati ottenuti durante i test statici.

3 RESISTENZA DELL'ISOLAMENTO STATORICO ED IP

| | |
|---|-------------------------------|
| Esecutore della misura | FRANCO BOTTA |
| Personale della centrale presente | FRANCO GOSETTI |
| Data e ora di esecuzione della misura | 22/11/2010 11:00:54 |
| Specifica di riferimento interna Ampere | ST GEN 006 |
| Specifica di riferimento | IEEE Std 43-2000 |
| Tensione di prova | 5000 V |
| Temperatura avvolgimento | CIRCA 22 °C |
| Umidità relativa | 35% |
| Strumento utilizzato | Megaohmetro Megger AVO MIT520 |
| Scadenza calibrazione strumento | 2011 |
| Polarità della tensione di prova | Negativa |

| Time [min] | R [MΩ] | | |
|------------|--------|--------|--------|
| | Fase U | Fase V | Fase W |
| 1 | 689 | 651 | 661 |
| 2 | 1070 | 1010 | 1020 |
| 3 | 1360 | 1260 | 1290 |
| 4 | 1580 | 1480 | 1510 |
| 5 | 1780 | 1660 | 1700 |
| 6 | 1960 | 1810 | 1880 |
| 7 | 2140 | 1960 | 2070 |
| 8 | 2290 | 2090 | 2200 |
| 9 | 2420 | 2200 | 2330 |
| 10 | 2560 | 2310 | 2450 |
| IP | 3,7 | 3,5 | 3,7 |
| Risultato | OK | OK | OK |



Valori limite di indice di polarizzazione e resistenza dell'isolamento:

- si considera accettabile un indice di polarizzazione maggiore o uguale a due per la maggior parte degli avvolgimenti statorici di alternatori e motori asincroni in classe di isolamento B ed F.
- un valore minimo di resistenza di isolamento a un minuto è di $(N+1)M\Omega$ con n pari al valore della tensione nominale dell'avvolgimento espressa in kV per gli avvolgimenti statorici di alternatori costruiti prima del 1970 .
- un valore minimo di resistenza dell'isolamento per la maggior parte degli avvolgimenti statorici di alternatori e motori costruiti dopo il 1970 è pari a 100 M Ω

Linea guida per il valore di tensione DC da applicare durante il test della resistenza dell'isolamento:

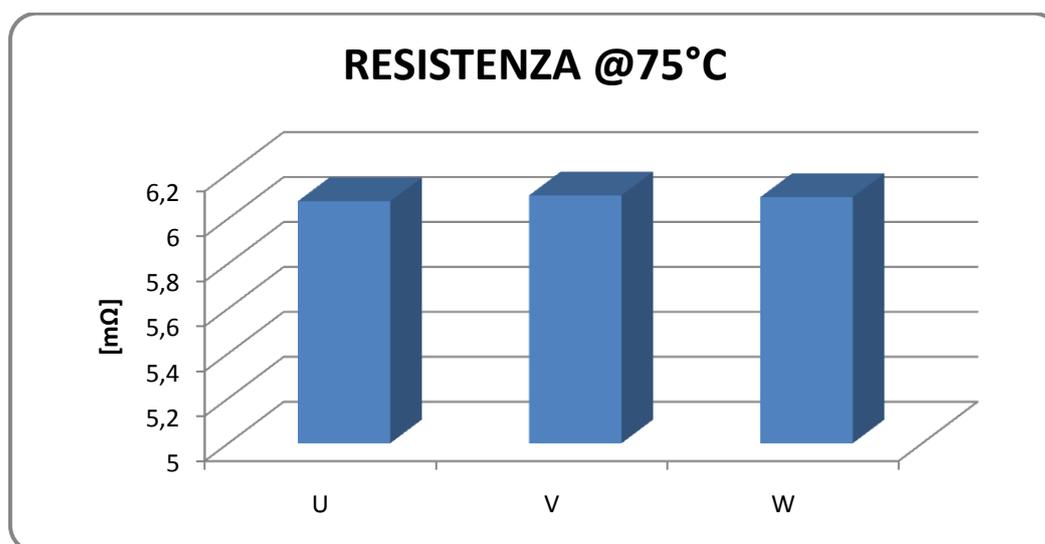
| TENSIONE NOMINALE | TENSIONE DA APPLICARE |
|--------------------------|------------------------------|
| < 1000 V | 500 V |
| 1000 – 2500 V | 500 – 1000 V |
| 2501 – 5000 V | 1000 – 2500 V |
| 5001 – 12000 V | 2500 – 5000 V |
| >12000 V | 5000 V |

Note, risultati e azioni da intraprendere: valori nella norma.

4 RESISTENZA OHMICA AVVOLGIMENTO STATORICO

| | |
|---|-----------------------|
| Esecutore della misura | FRANCO BOTTA |
| Personale della centrale presente | FRANCO GOSETTI |
| Data e ora | 22 NOVEMBRE 2010 |
| Specifica di riferimento interna Ampere | STGEN006 |
| Temperatura avvolgimento (media RTD) T1 | CIRCA 22 ° C |
| Temperatura di riferimento T2 | 75 ° C |
| Umidità relativa | 35% |
| Strumento utilizzato | Microohmetro digitale |
| Scadenza calibrazione strumento | 2011 |

| | MISURE [mΩ] | T1 [°C] | T2 [°C] | R [Ω] @T2 | 2007 @ 75°c |
|---------------|----------------|------------|------------|--------------|----------------|
| FASE U | 6,077 | 22 | 75 | € 7,33 | 7,49 |
| FASE V | 6,103 | 22 | 75 | € 7,36 | 7,52 |
| FASE W | 6,095 | 22 | 75 | € 7,35 | 7,51 |
| Media | 6,09 | 22 | 75 | € 7,35 | |



Note: sono accettate variazioni inferiori al 2% tra dati di collaudo e/0 tra misure successive

Risultato: le variazioni rispetto alle misure del 2007 sono attribuibili alla misura imprecisa della temperatura, non ci sono scostamenti significativi tra le tre resistenze delle singole fasi. L'alternatore non ha un sistema di monitoraggio della temperatura del rame statore.

5 MISURA DEL TANGENTE DELTA E DELLA CAPACITA'

| | |
|--|----------------------------------|
| Esecutore della misura | FABIO GIANELLI |
| Personale della centrale presente | FRANCO GOSETTI |
| Data e ora della misura | 22 NOVEMBRE 2010 |
| Norme di riferimento | IEEE Std 286-2000 - CEI EN 50209 |
| Specifica di riferimento interna Ampere | ST GEN 008 |
| Tensione di prova | 5882 V |
| Temperatura avvolgimento | Circa 22 °C |
| Umidità relativa | 35 % |
| Strumento utilizzato | DOBLE M4100 |
| Induttanza risonante | DOBLE |
| Scadenza calibrazione strumento | 2013 |
| Tensione nominale avvolgimento statorico | 10000 V |

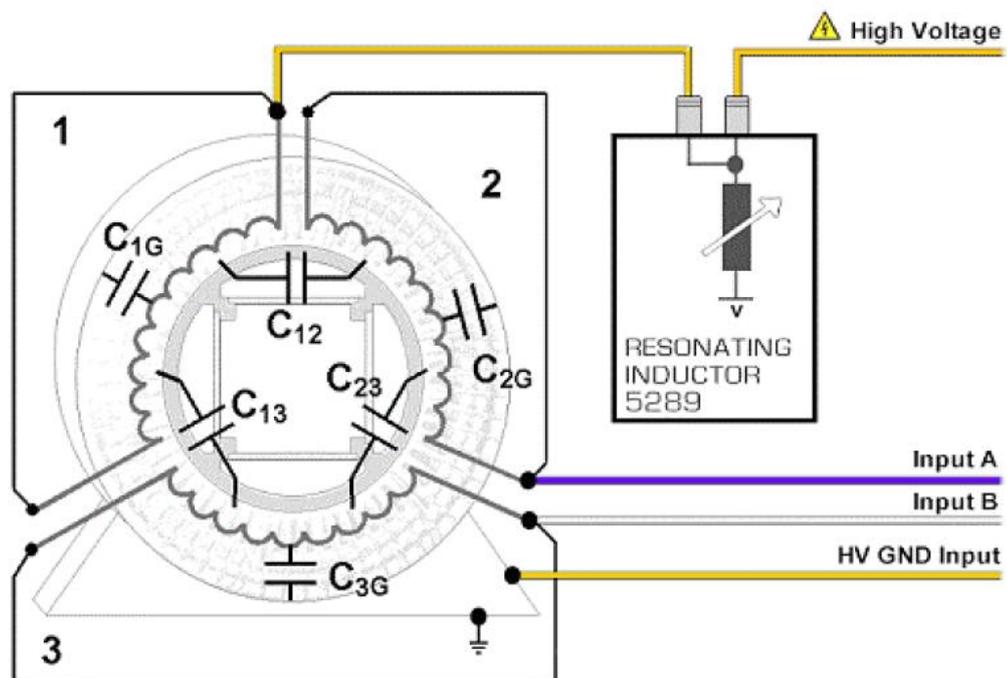
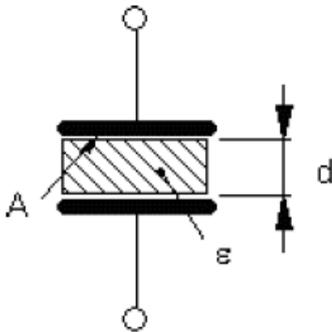


Figura 1: schema di misura del tangente delta e della capacità delle tre fasi statoriche



L'avvolgimento statorico può essere considerato come un condensatore dove:

A: superficie dell'elettrodo

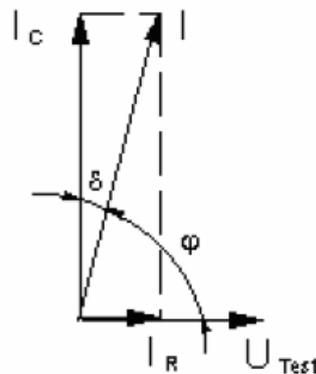
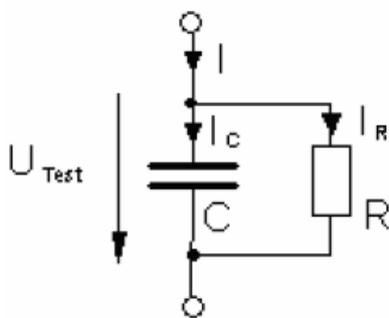
d: distanza tra gli elettrodi

C: capacità

ε: costante dielettrica

In un condensatore ideale la resistenza dell'isolamento tende all'infinito, questo significa che la corrente è sfasata di 90° rispetto alla tensione alternata applicata.

In un condensatore reale un diagramma equivalente che tenga conto anche delle perdite può essere schematizzato come segue:



U_{test} : tensione applicata

I_c : corrente capacitiva

I_r : corrente resistiva

C : capacità ideale

R : resistenza ideale

$$\tan \delta = \frac{Pr}{Qc} = \frac{I_r}{I_c} = \frac{Xc}{R}$$

| V _p /V _m | V _{rms} [V] | FASE U | | FASE V | | FASE W | |
|--------------------------------|-------------------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| | | Tg δ% | Δ Tg δ% | Tg δ% | Δ Tg δ% | Tg δ% | Δ Tg δ% |
| 0,2 | 1176 | 2,719 | | 2,694 | | 2,722 | |
| 0,4 | 2353 | 2,73 | 0,011 | 2,707 | 0,013 | 2,732 | 0,01 |
| 0,6 | 3529 | 2,756 | 0,026 | 2,738 | 0,031 | 2,764 | 0,032 |
| 0,8 | 4706 | 2,959 | 0,203 | 2,812 | 0,074 | 2,844 | 0,08 |
| 1 | 5882 | 3,543 | 0,584 | 3,506 | 0,694 | 3,549 | 0,705 |
| 0,8 | 4706 | 3,027 | -0,516 | 3,015 | -0,491 | 3,052 | -0,497 |
| 0,6 | 3529 | 2,747 | -0,28 | 2,747 | -0,268 | 2,781 | -0,271 |
| 0,4 | 2353 | 2,706 | -0,041 | 2,714 | -0,033 | 2,751 | -0,03 |
| 0,2 | 1176 | 2,687 | -0,019 | 2,697 | -0,017 | 2,737 | -0,014 |

Tabella 1: valori del tan delta misurati

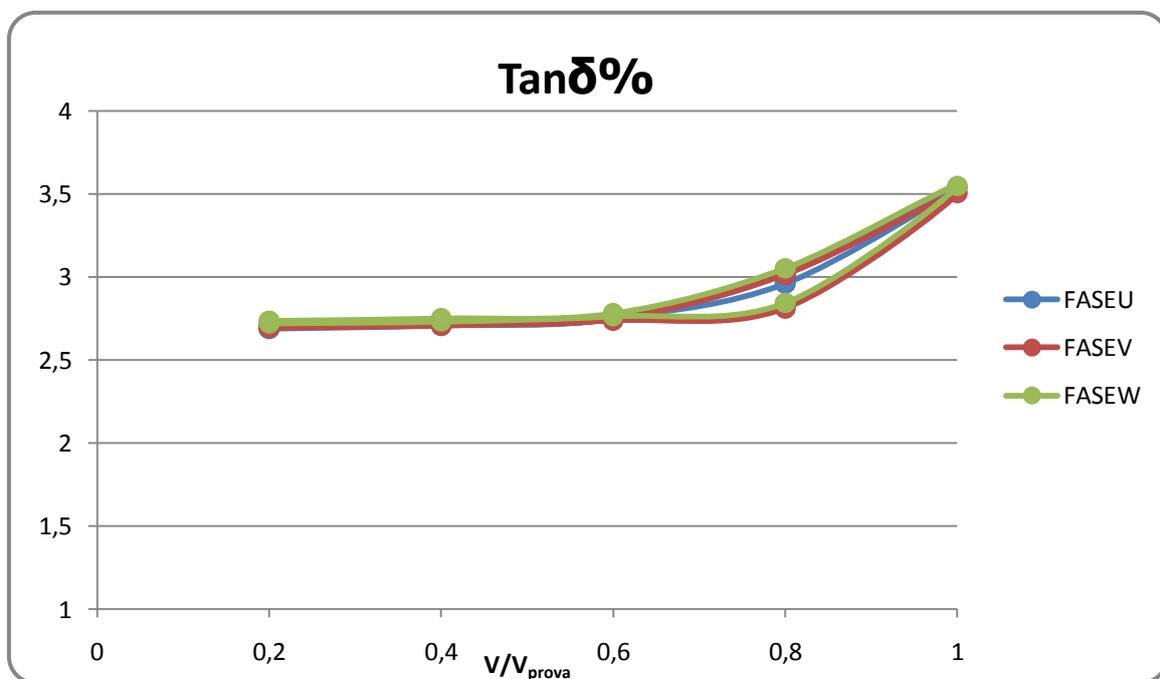
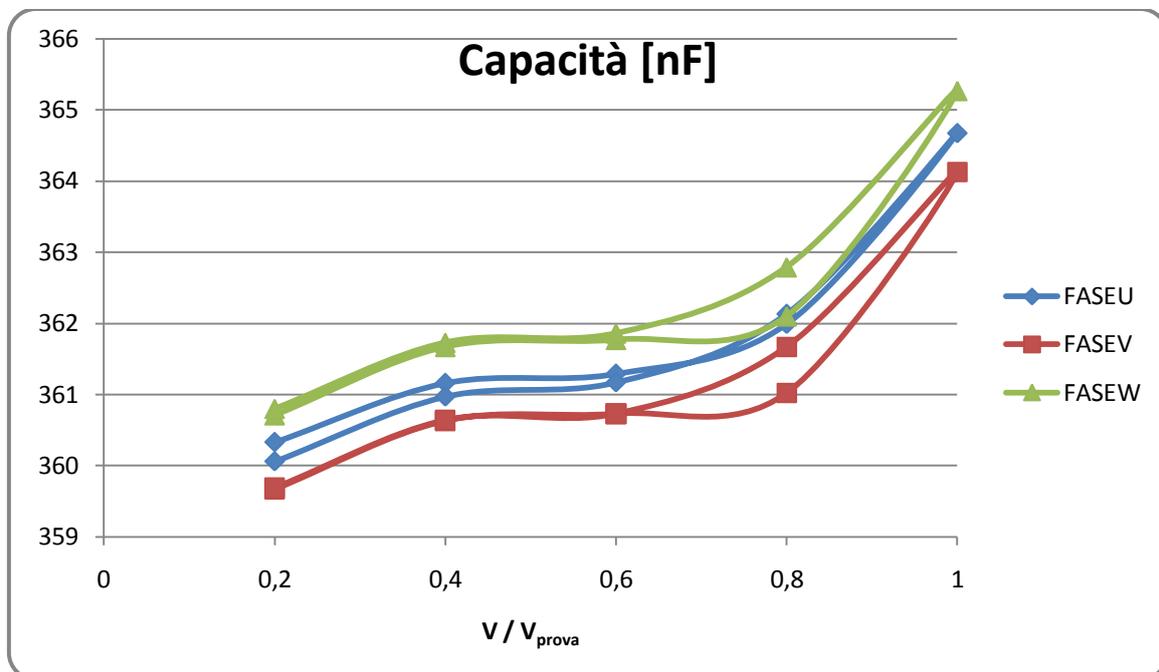


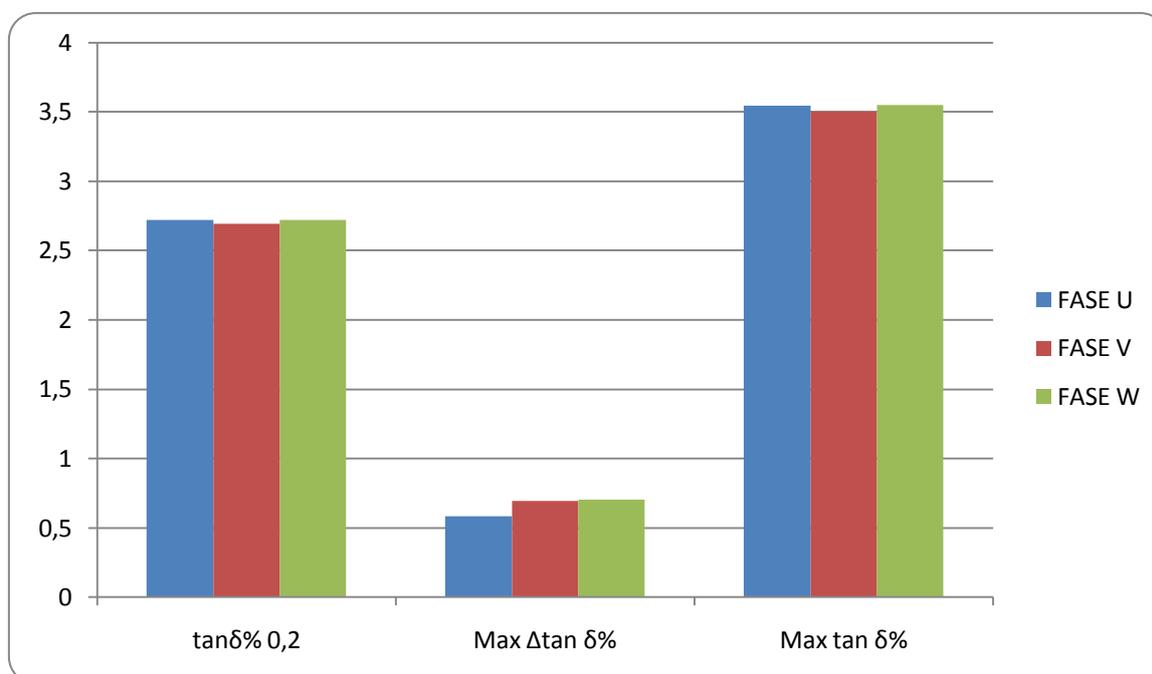
Figura 2: andamento del tan delta

| | V_{rms} | FASE U | FASE V | FASE W |
|-----------|-----------|--------|--------|--------|
| V_p/V_m | [V] | C [nF] | C [nF] | C [nF] |
| 0,2 | 1176 | 360,33 | 359,67 | 360,71 |
| 0,4 | 2353 | 361,16 | 360,63 | 361,67 |
| 0,6 | 3529 | 361,29 | 360,73 | 361,77 |
| 0,8 | 4706 | 361,99 | 361,02 | 362,1 |
| 1 | 5882 | 364,67 | 364,13 | 365,27 |
| 0,8 | 4706 | 362,13 | 361,67 | 362,79 |
| 0,6 | 3529 | 361,17 | 360,73 | 361,86 |
| 0,4 | 2353 | 360,97 | 360,64 | 361,73 |
| 0,2 | 1176 | 360,06 | 359,69 | 360,8 |

Tabella 2: valori della capacità misurati



| | tan $\delta_{0,2\%}$ | Max $\Delta tg\delta\%$ | Max $tg\delta\%$ |
|---------------|--|---|------------------------------------|
| FASE U | 2,719 | 0,584 | 3,543 |
| FASE V | 2,694 | 0,694 | 3,506 |
| FASE W | 2,722 | 0,705 | 3,549 |



5.1 CONFRONTO DEI RISULTATI OTTENUTI CON LA MISURA DEL 2007

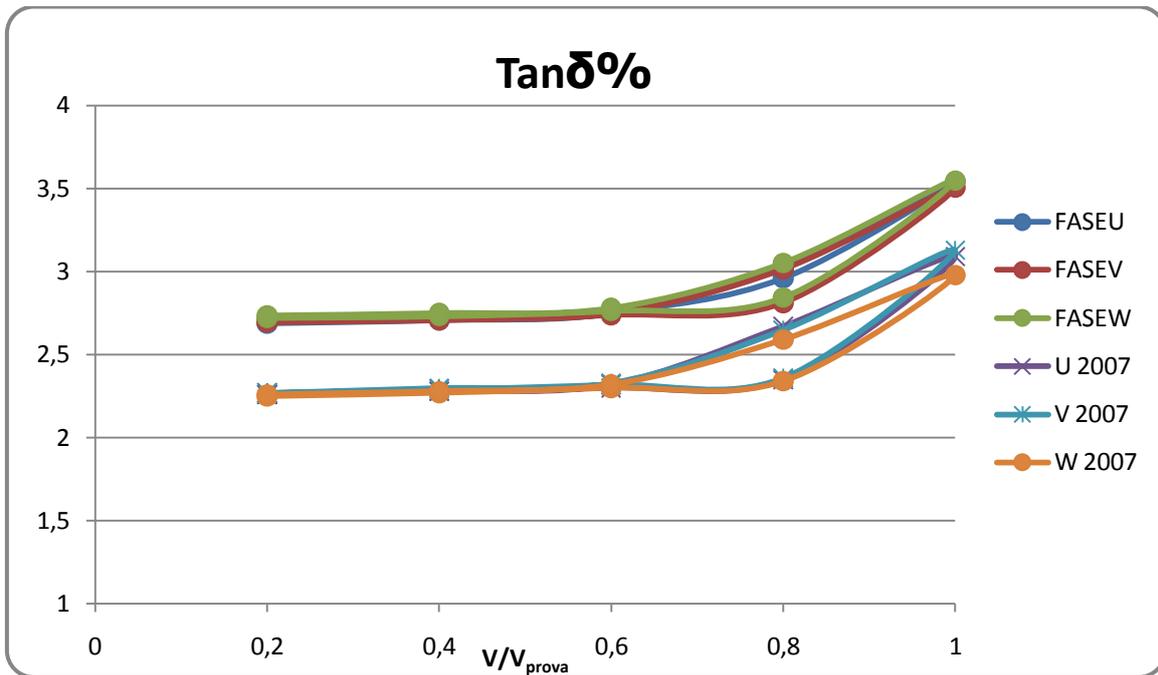


Figura 3: confronto tan delta 2010 Vs 2007

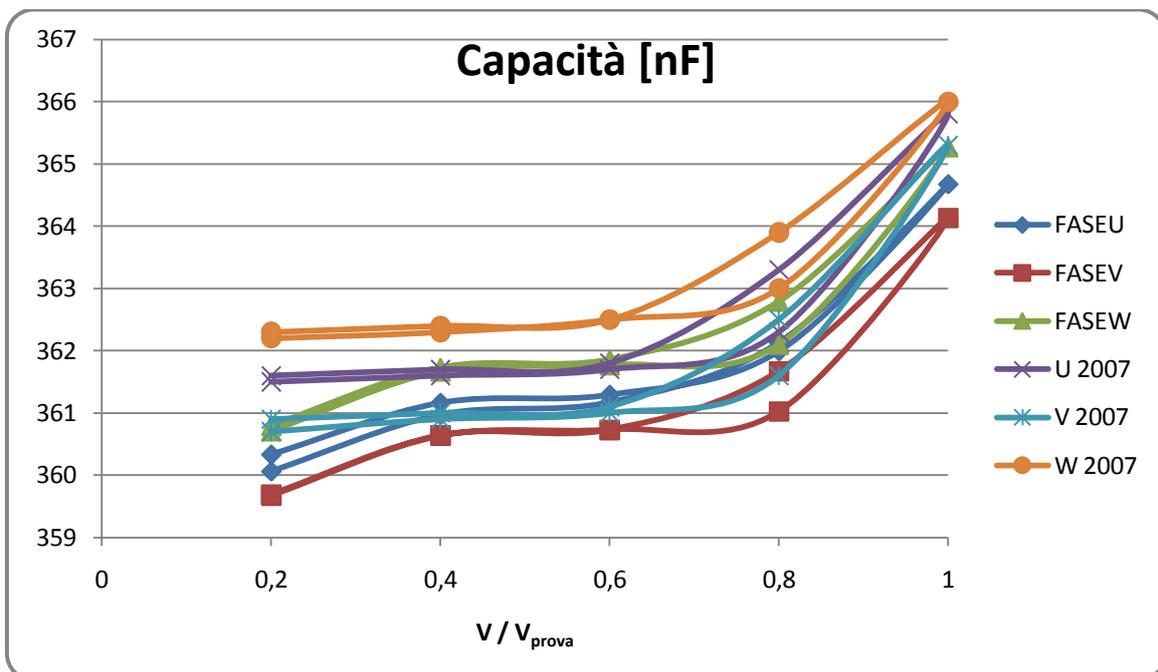


Figura 4: confronto capacità 2010 Vs 2007

Note e risultati: misura eseguita a macchina aperta con avvolgimento ad una temperatura di circa 22° C, ambiente a 12 °C.

6 MISURA DELLE SCARICHE PARZIALI OFF LINE

6.1 MISURA IN MODALITA' LOW FREQUENCY

6.1.1 Introduzione all'interpretazione delle misure

La misura delle scariche parziali off-line su avvolgimenti statorici di generatori o motori è una delle attività di diagnostica che si effettuano durante la manutenzione dei macchinari con macchinario fuori servizio (off-line).

Iris ha equipaggiato il popolare strumento portatile TGA_B con l'opzione off-line (low frequency).



Durante un test off-line tutto l'avvolgimento è energizzato alla stessa tensione e le scariche parziali possono così originarsi in qualsiasi punto lungo l'avvolgimento, anche vicino al neutro che durante il normale funzionamento lavora a tensioni prossime allo zero.

Dato che durante un test off-line il rumore (noise) non è significativo e alle basse frequenze l'impedenza induttiva dell'avvolgimento è bassa allora è meglio eseguire un test alle basse frequenze.

Recentemente il nuovo standard IEC 60034-27 richiede un test a bassa frequenza con un taglio delle frequenze sotto i 100kHz per le misure PD off-line. Lo strumento IRIS TGA-B con l'opzione LF permette di eseguire la misura con una banda passante nel range tra 50kHz e 5 MHz, quindi in accordo con lo standard IEC.

L'acquisizione dei dati avviene attraverso un sensore portatile e per ogni test vengono generati due grafici che forniscono rispettivamente l'ampiezza e la fase degli impulsi.

Oltre ai grafici, per ogni test vengono calcolati degli indici caratteristici Q_m e NQN : Q_m rappresenta l'ampiezza di picco PD e NQN l'attività totale. Il valore di Q_m è definito come l'ampiezza corrispondente ad una frequenza di ripetizione PD di 10 impulsi al secondo; NQN (Normalized Quantity Number) è rappresentativo dell'area sottesa alla curva del grafico 2D.

Q_m si riferisce alla gravità del deterioramento nel punto peggiore dell'avvolgimento e NQN è riferito alla diffusione del deterioramento dell'avvolgimento. Il confronto tra le attività positive (Grafico rosso) e quelle negative (Grafico verde) fornisce un'indicazione della localizzazione delle scariche.

6.1.2 Andamento degli indici caratteristici al variare della tensione in prova (valori espressi in mV in funzione della tensione di prova)

| VOLTAGE [V] | FASE U | | | | FASE V | | | | FASE W | | | |
|-------------|--------|------|------|------|--------|------|------|------|--------|------|------|------|
| | NQN+ | NQN- | QM+ | QM- | NQN+ | NQN- | QM+ | QM- | NQN+ | NQN- | QM+ | QM- |
| 1156 | 171 | 191 | 116 | 113 | 201 | 202 | 127 | 132 | 181 | 190 | 122 | 120 |
| 2312 | 164 | 183 | 112 | 109 | 217 | 245 | 134 | 130 | 187 | 196 | 123 | 118 |
| 3468 | 215 | 244 | 121 | 131 | 219 | 246 | 133 | 137 | 191 | 199 | 126 | 125 |
| 4624 | 1559 | 2109 | 671 | 1014 | 1431 | 1723 | 675 | 816 | 1085 | 1398 | 550 | 666 |
| 5780 | 2757 | 3361 | 1153 | 1566 | 2843 | 3682 | 1355 | 1720 | 3158 | 3777 | 1485 | 1745 |
| 4624 | 1347 | 1688 | 650 | 800 | 1819 | 1911 | 928 | 960 | 1761 | 1889 | 850 | 900 |
| 3468 | 302 | 359 | 155 | 183 | 304 | 338 | 147 | 149 | 266 | 265 | 146 | 145 |
| 2312 | 193 | 249 | 125 | 145 | 189 | 246 | 115 | 126 | 188 | 200 | 123 | 125 |
| 1156 | 167 | 196 | 126 | 127 | 191 | 248 | 116 | 125 | 181 | 191 | 118 | 116 |

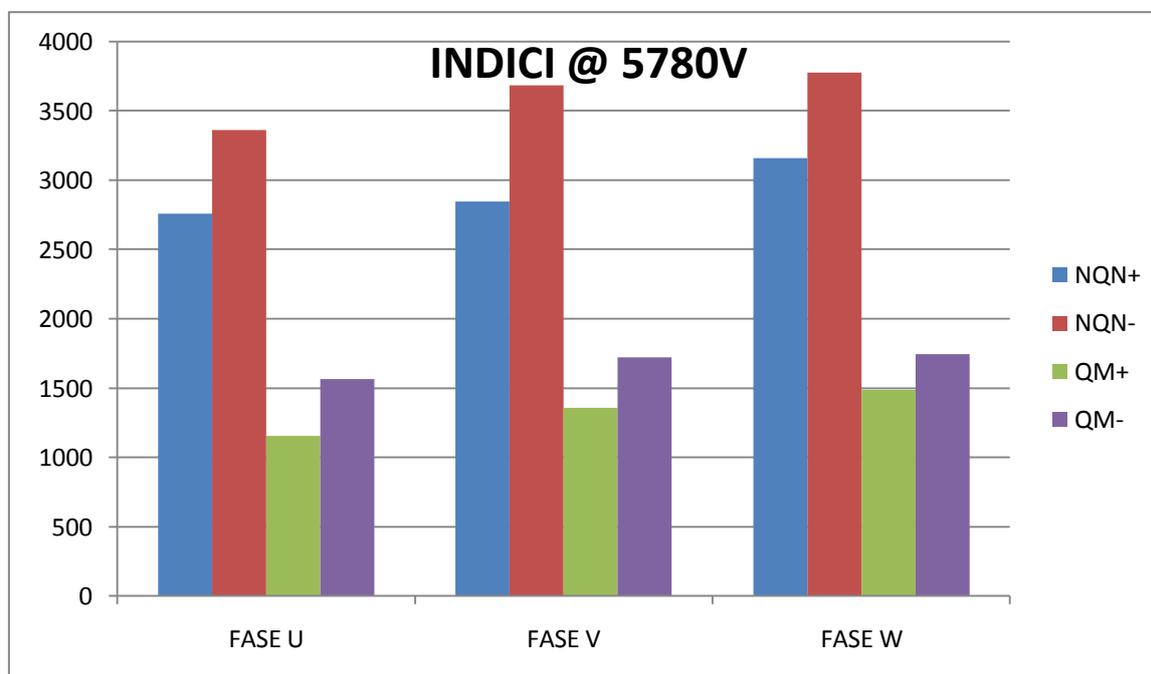


Figura 5: confronto fra le tre fasi alla massima tensione di prova.

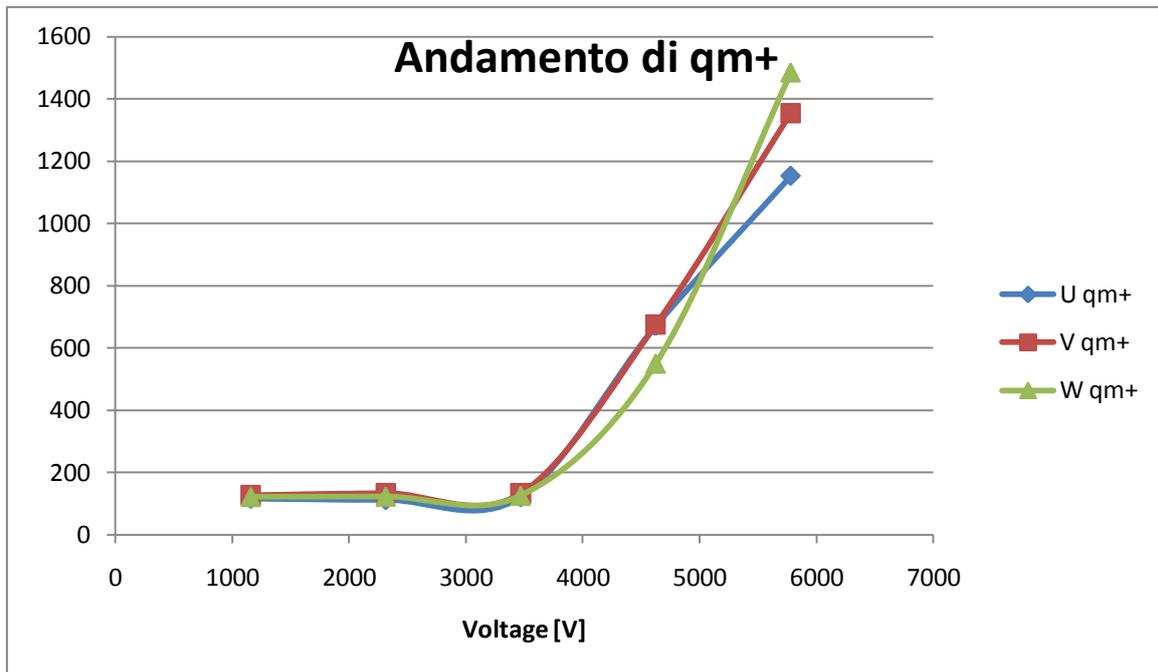


Figura 6: confronto tra i valori di q_{m+} delle tre fasi al variare della tensione di prova

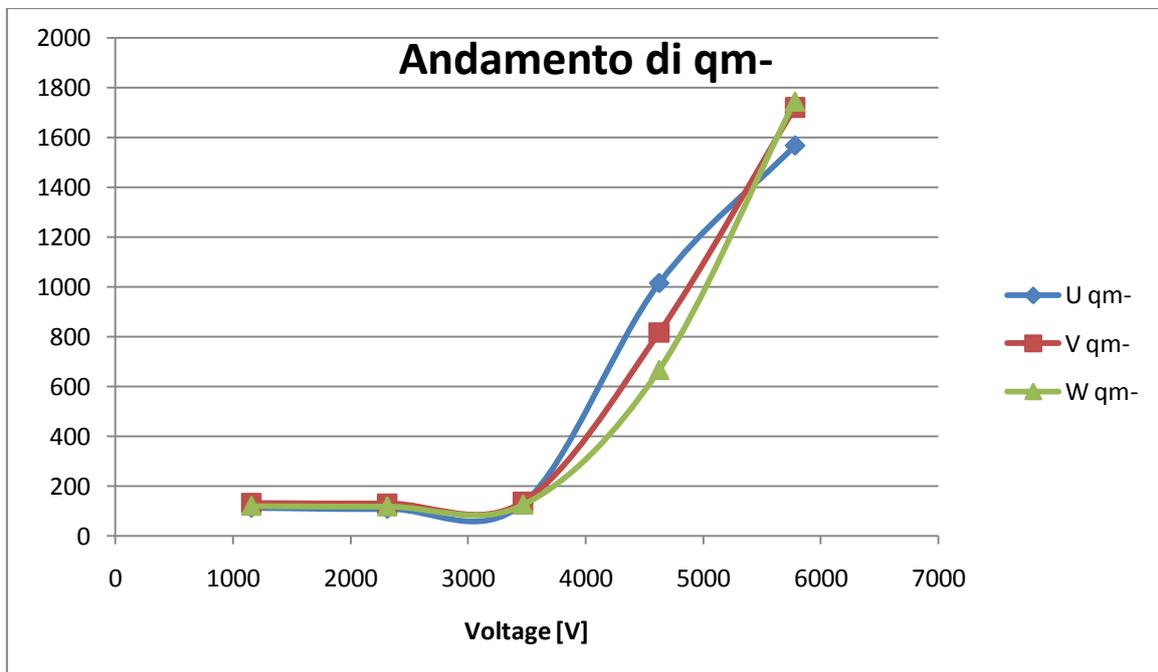


Figura 7: confronto tra i valori di q_{m-} delle tre fasi al variare della tensione di prova

6.2 MISURA IN MODALITA' HIGH FREQUENCY

6.2.1 Andamento degli indici caratteristici alla massima tensione di prova

| | FASE U | | | | FASE V | | | | FASE W | | | |
|-------------|--------|------|-----|-----|--------|-------|-----|-----|--------|------|-----|-----|
| VOLTAGE [V] | NQN+ | NQN- | QM+ | QM- | NQN + | NQN - | QM+ | QM- | NQN + | NQN- | QM+ | QM- |
| 5780 | 782 | 940 | 348 | 391 | 783 | 1014 | 400 | 437 | 800 | 1036 | 355 | 450 |

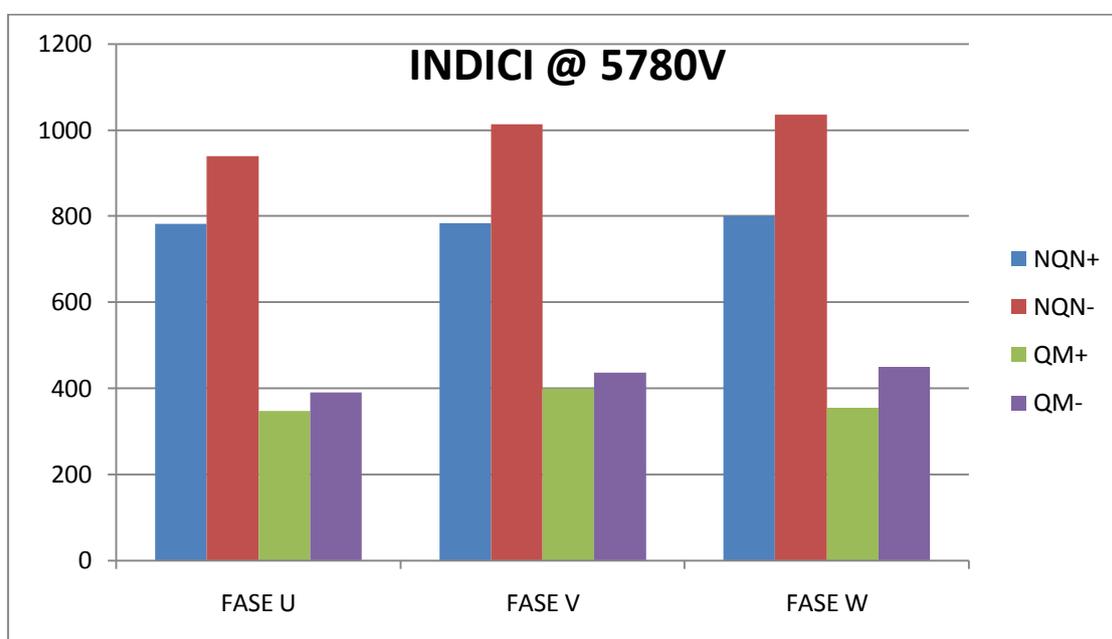
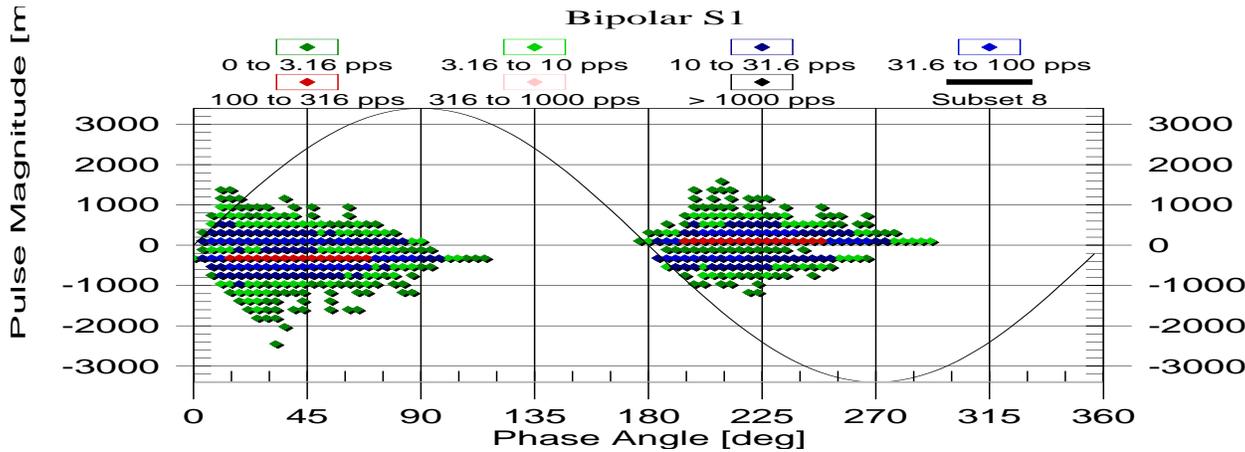


Figura 8: confronto fra le tre fasi alla massima tensione di prova.

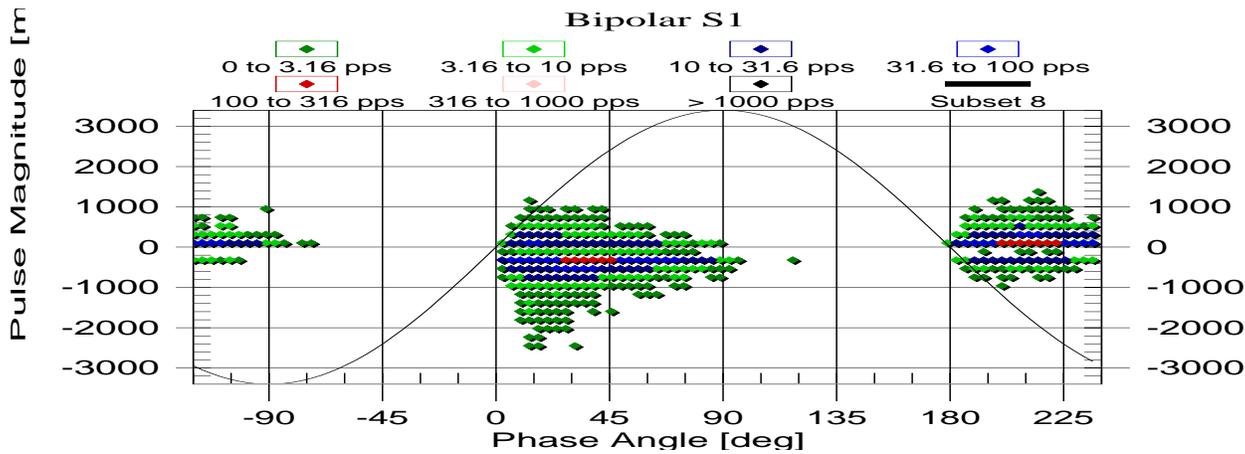
Pulse Phase Analysis (ABC) LF

Folder: OFFLINE\, Asset Class: Hydro Generator
 Asset Name: Gilow fr, Class: Low Frequency (50 kHz), Sensor Type: Low Frequency EMC (80pF)

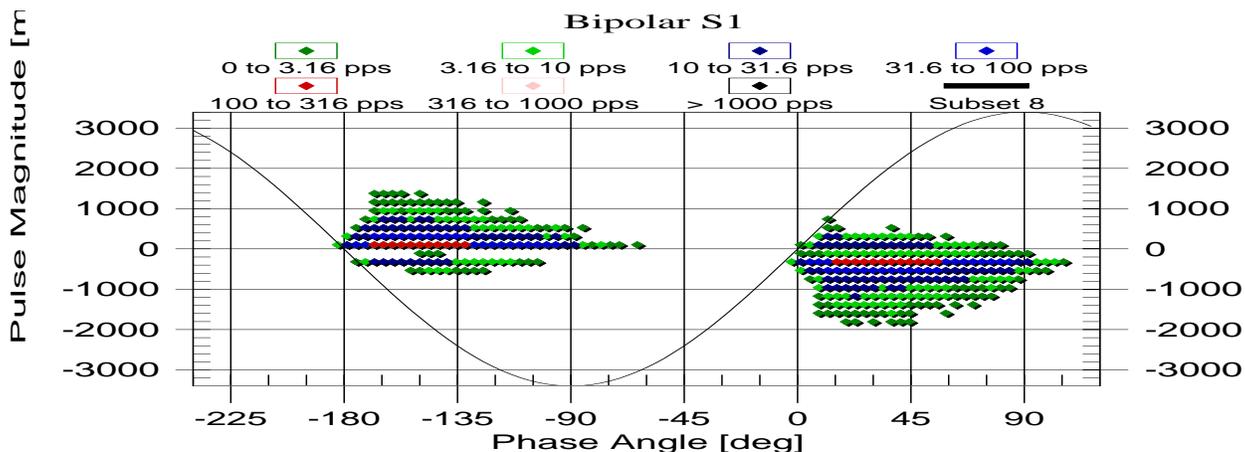
Operating Load: N/A, Reactive Load: N/A, Operating Asset Temp: N/A, Operating Voltage: N/A
 Operating Gas Pressure: N/A, Ambient Temp: N/A, Ambient Humidity: N/A, Freq. (Test Duration): 50 Hz, (1 sec.)



Phase: A, Sensor(s): U-LF_M1, Ref. Angle: 90, Delay Time: N/A
 S1: NQN+ 2758, NQN- 3362, Qm+ 1153, Qm- 1566



Phase: B, Sensor(s): V-LF_M2, Ref. Angle: 90, Delay Time: N/A
 S1: NQN+ 2843, NQN- 3682, Qm+ 1355, Qm- 1720

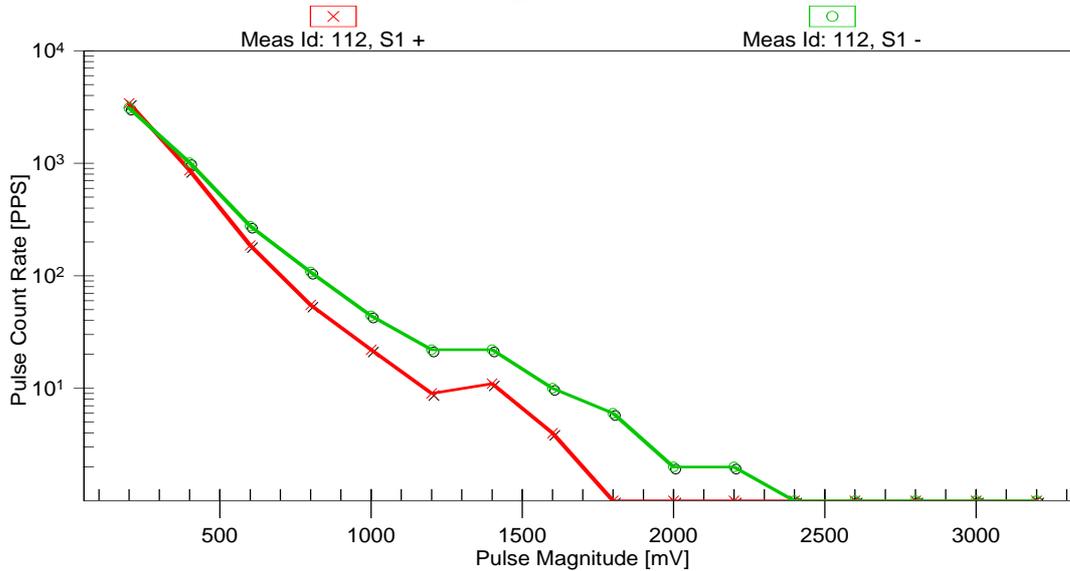


Phase: C, Sensor(s): W-LF_M3, Ref. Angle: 90, Delay Time: N/A
 S1: NQN+ 3159, NQN- 3777, Qm+ 1485, Qm- 1745

PD Standard Report FASE U

Folder: OFFLINE\ Asset Name: G1low fr Asset Class: Hydro Generator
 Class: Low Frequency (50 kHz) Phase: A Sensor(s): U-LF_M1 Sensor Type: Low Frequency EMC (80pF)
 Start Time: 11/23/2010 09:16:21 Sensitivity: 200 to 3400, Delay Time: N/A Ref. Angle: 90
 Freq. (Test Duration): 50 Hz, (1 sec.), Quality Flag (long): Pulse count overload

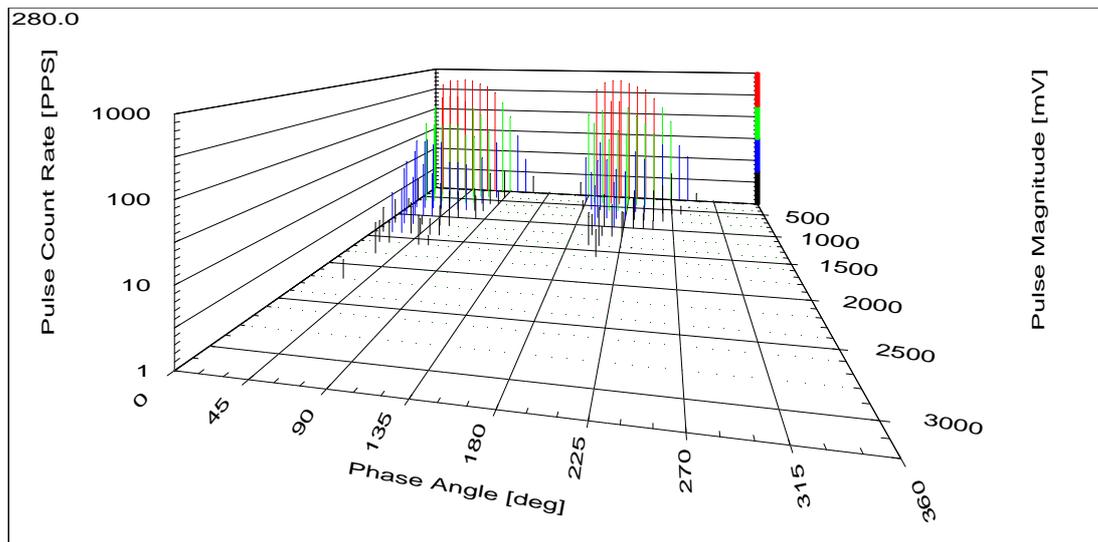
Pulse Height Analysis Plot



S1: NQN+ 2758, NQN- 3362, Qm+ 1153, Qm- 1566

Pulse Phase Analysis Plot

Meas: 112, Absolute S1



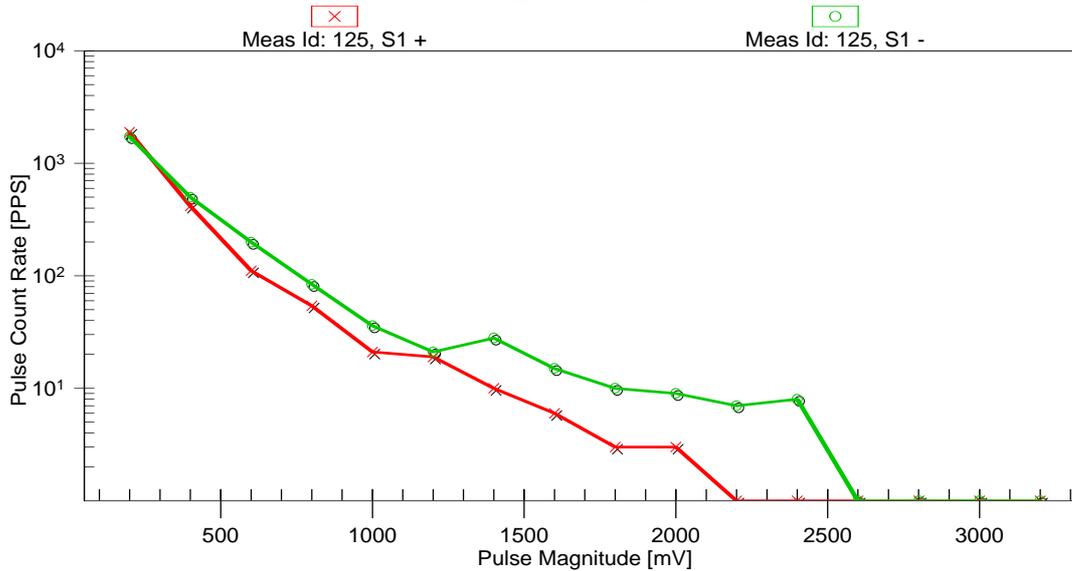
Manufacturer: Breda, Year of Installation: 1956
 Re-Wind Manufacturer: N/A, Re-Wind Year: N/A
 Winding Type: N/A, Insulation Type: Asphaltic Mica
 Insulation Class: B, Insulation Process: Non-Consolidated
 Cooling System: Air Only, Gas Pressure Rating: N/A
 Stator Voltage Rating: 10000.000, Speed Rating: 300 RPM
 Active Power Rating: 45.00 MW, Reactive Power: N/A
 Power Factor: N/A

Operating Load: N/A, Reactive Load: N/A
 Operating Voltage: N/A, Operating Gas Pressure: N/A
 Operating Asset Temp: N/A
 Ambient Temp: N/A, Ambient Humidity: N/A
 Comment: 5780

PD Standard Report FASE V

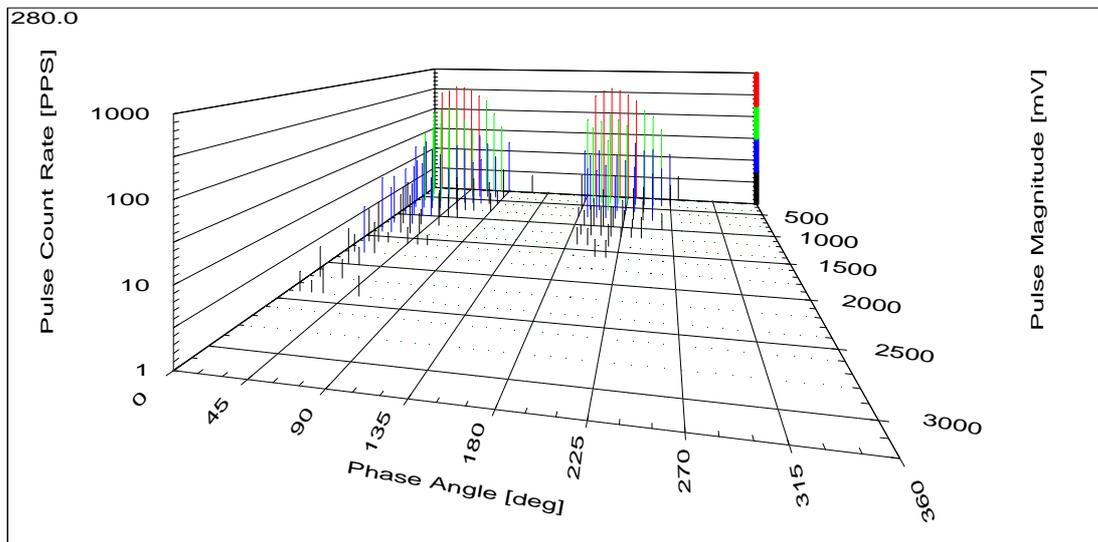
Folder: OFFLINE\ Asset Name: G1low fr Asset Class: Hydro Generator
 Class: Low Frequency (50 kHz) Phase: B Sensor(s): V-LF_M2 Sensor Type: Low Frequency EMC (80pF)
 Start Time: 11/23/2010 09:45:08 Sensitivity: 200 to 3400, Delay Time: N/A Ref. Angle: 90
 Freq. (Test Duration): 50 Hz, (1 sec.), Quality Flag (long): Pulse count overload

Pulse Height Analysis Plot



S1: NQN+ 2843, NQN- 3682, Qm+ 1355, Qm- 1720

Pulse Phase Analysis Plot
Meas: 125, Absolute S1

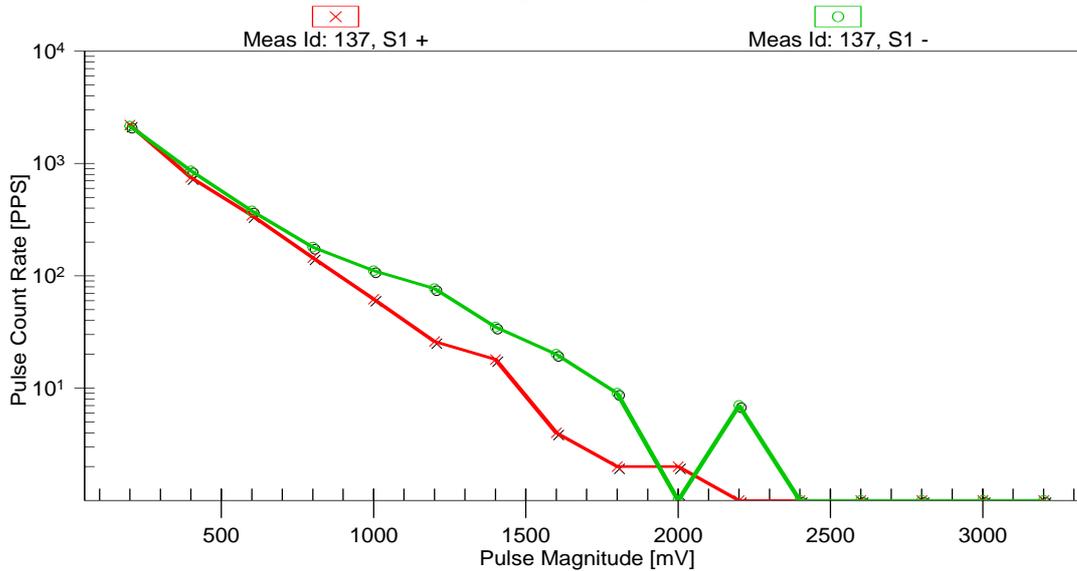


Manufacturer: Breda, Year of Installation: 1956
 Re-Wind Manufacturer: N/A, Re-Wind Year: N/A
 Winding Type: N/A, Insulation Type: Asphaltic Mica
 Insulation Class: B, Insulation Process: Non-Consolidated
 Cooling System: Air Only, Gas Pressure Rating: N/A
 Stator Voltage Rating: 10000.000, Speed Rating: 300 RPM
 Active Power Rating: 45.00 MW, Reactive Power: N/A
 Power Factor: N/A

PD Standard Report FASE W

Folder: OFFLINE\ Asset Name: G1low fr Asset Class: Hydro Generator
 Class: Low Frequency (50 kHz) Phase: C Sensor(s): W-LF_M3 Sensor Type: Low Frequency EMC (80pF)
 Start Time: 11/23/2010 10:19:17 Sensitivity: 200 to 3400, Delay Time: N/A Ref. Angle: 90
 Freq. (Test Duration): 50 Hz, (1 sec.), Quality Flag (long): Pulse count overload

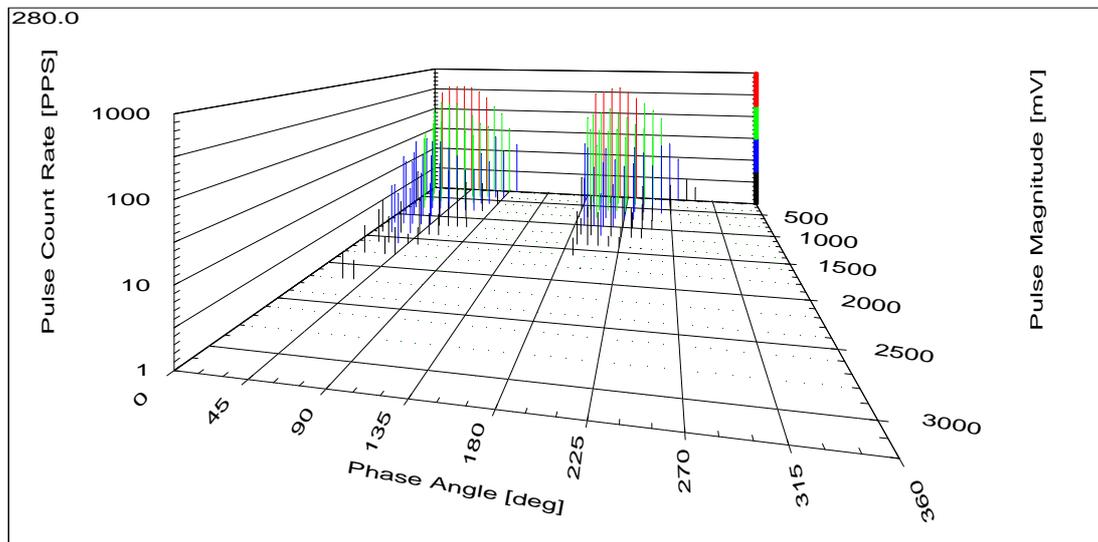
Pulse Height Analysis Plot



S1: NQN+ 3159, NQN- 3777, Qm+ 1485, Qm- 1745

Pulse Phase Analysis Plot

Meas: 137, Absolute S1



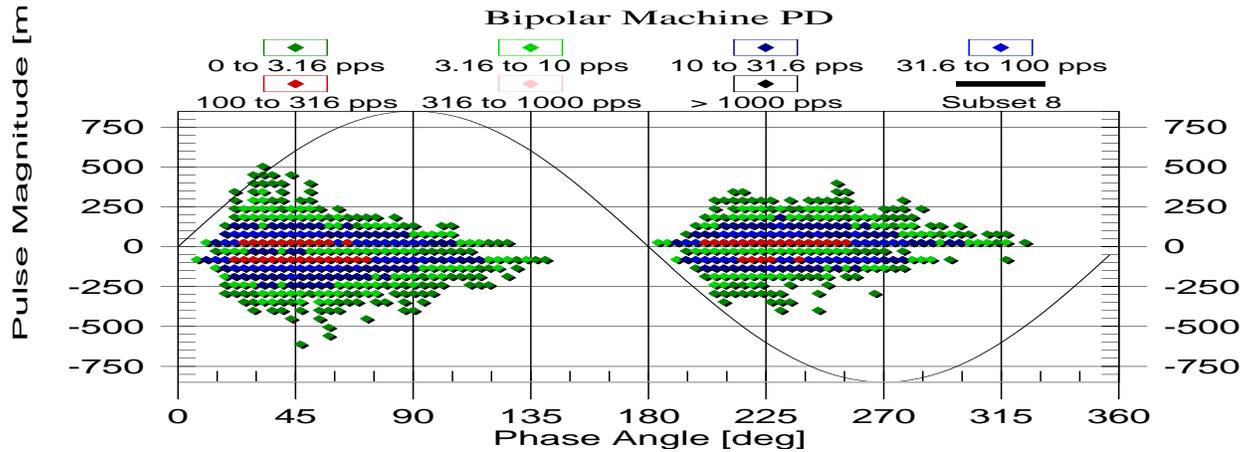
Manufacturer: Breda, Year of Installation: 1956
 Re-Wind Manufacturer: N/A, Re-Wind Year: N/A
 Winding Type: N/A, Insulation Type: Asphaltic Mica
 Insulation Class: B, Insulation Process: Non-Consolidated
 Cooling System: Air Only, Gas Pressure Rating: N/A
 Stator Voltage Rating: 10000.000, Speed Rating: 300 RPM
 Active Power Rating: 45.00 MW, Reactive Power: N/A
 Power Factor: N/A

Operating Load: N/A, Reactive Load: N/A
 Operating Voltage: N/A, Operating Gas Pressure: N/A
 Operating Asset Temp: N/A
 Ambient Temp: N/A, Ambient Humidity: N/A
 Comment: 5780

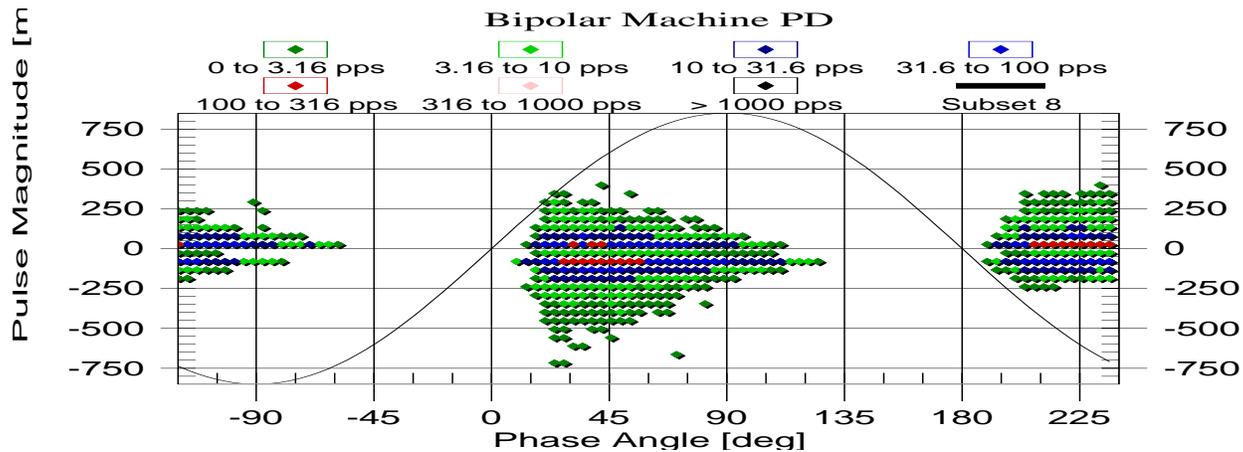
Pulse Phase Analysis (ABC) HF

Folder: OFFLINE\, Asset Class: Hydro Generator
 Asset Name: G1 HF, Class: Directional BUS (TGA), Sensor Type: Epoxy Mica Capacitor (80pF)

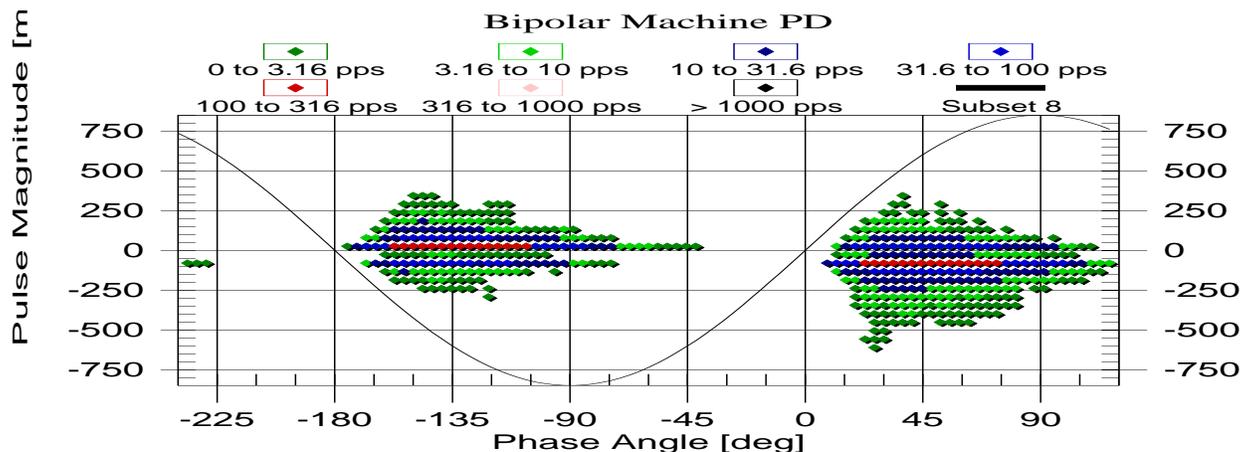
Operating Load: N/A, Reactive Load: N/A, Operating Asset Temp: N/A, Operating Voltage: N/A
 Operating Gas Pressure: N/A, Ambient Temp: N/A, Ambient Humidity: N/A, Freq. (Test Duration): 50 Hz, (1 sec.)



Phase: A, Sensor(s): U-M1, Ref. Angle: 90, Delay Time: 5 [ns]
 Machine: NQN+ 783, NQN- 940, Qm+ 348, Qm- 391



Phase: B, Sensor(s): V-M2, Ref. Angle: 90, Delay Time: 5 [ns]
 Machine: NQN+ 783, NQN- 1015, Qm+ 400, Qm- 437

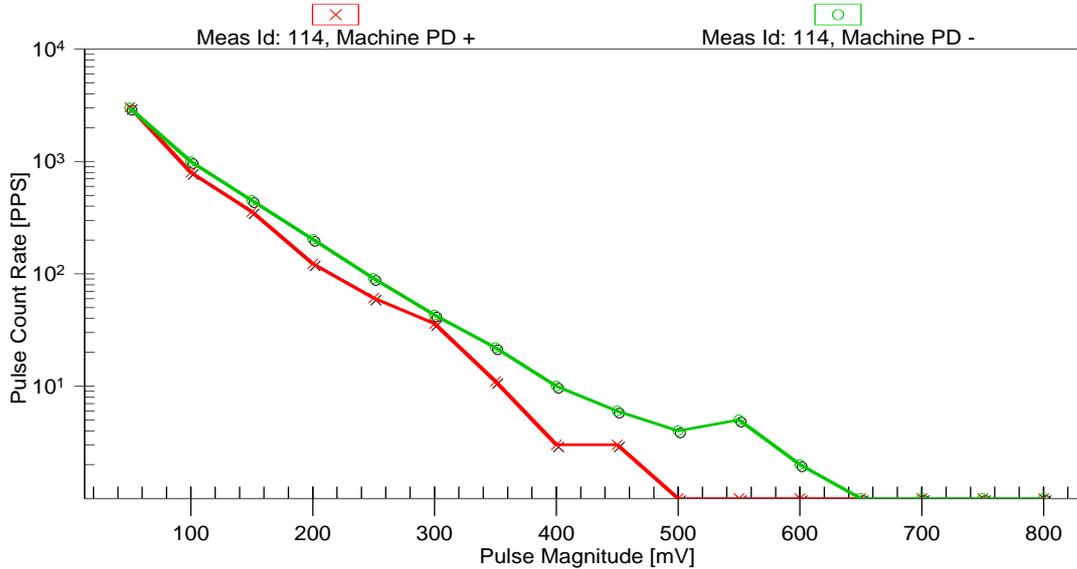


Phase: C, Sensor(s): W-M3, Ref. Angle: 90, Delay Time: 5 [ns]
 Machine: NQN+ 800, NQN- 1036, Qm+ 355, Qm- 450

PD Standard Report U HF

Folder: OFFLINE\ Asset Name: G1 HF Asset Class: Hydro Generator
 Class: Directional BUS (TGA) Phase: A Sensor(s): U-M1 Sensor Type: Epoxy Mica Capacitor (80pF)
 Start Time: 11/23/2010 09:19:23 Sensitivity: 50 to 850, Delay Time: 5 [ns] Ref. Angle: 90
 Freq. (Test Duration): 50 Hz, (1 sec.), Quality Flag (long): Pulse count overload

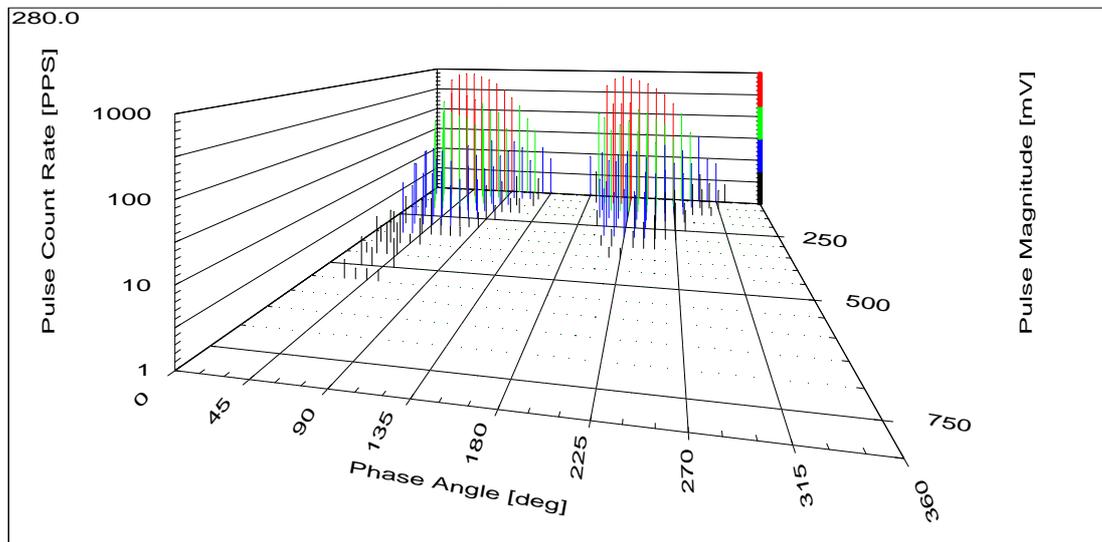
Pulse Height Analysis Plot



Machine: NQN+ 783, NQN- 940, Qm+ 348, Qm- 391

Pulse Phase Analysis Plot

Meas: 114, Absolute Machine PD



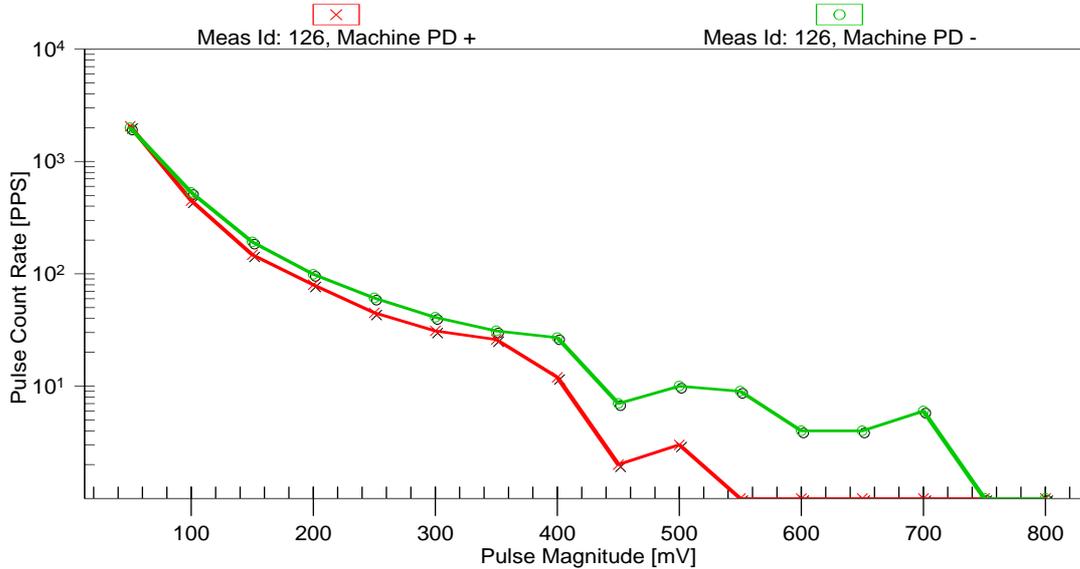
Manufacturer: N/A, Year of Installation: N/A
 Re-Wind Manufacturer: N/A, Re-Wind Year: N/A
 Winding Type: N/A, Insulation Type: N/A
 Insulation Class: N/A, Insulation Process: N/A
 Cooling System: N/A, Gas Pressure Rating: N/A
 Stator Voltage Rating: N/A, Speed Rating: N/A
 Active Power Rating: N/A, Reactive Power: N/A
 Power Factor: N/A

Operating Load: N/A, Reactive Load: N/A
 Operating Voltage: N/A, Operating Gas Pressure: N/A
 Operating Asset Temp: N/A
 Ambient Temp: N/A, Ambient Humidity: N/A
 Comment: N/A

PD Standard Report V HF

Folder: OFFLINE\ Asset Name: G1 HF Asset Class: Hydro Generator
 Class: Directional BUS (TGA) Phase: B Sensor(s): V-M2 Sensor Type: Epoxy Mica Capacitor (80pF)
 Start Time: 11/23/2010 09:47:11 Sensitivity: 50 to 850, Delay Time: 5 [ns] Ref. Angle: 90
 Freq. (Test Duration): 50 Hz, (1 sec.), Quality Flag (long): Over-magnitude pulses

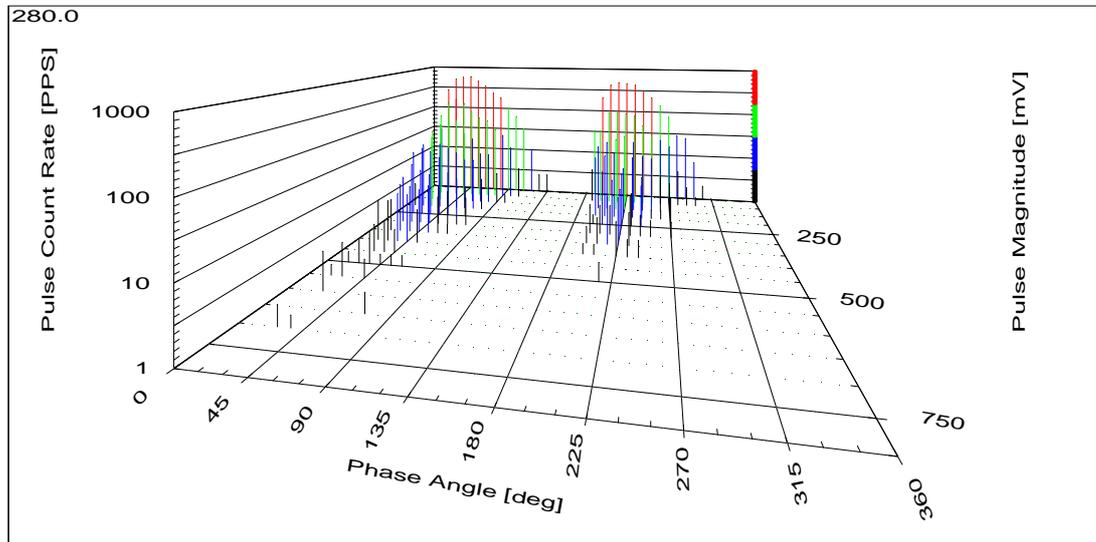
Pulse Height Analysis Plot



Machine: NQN+ 783, NQN- 1015, Qm+ 400, Qm- 437

Pulse Phase Analysis Plot

Meas: 126, Absolute Machine PD



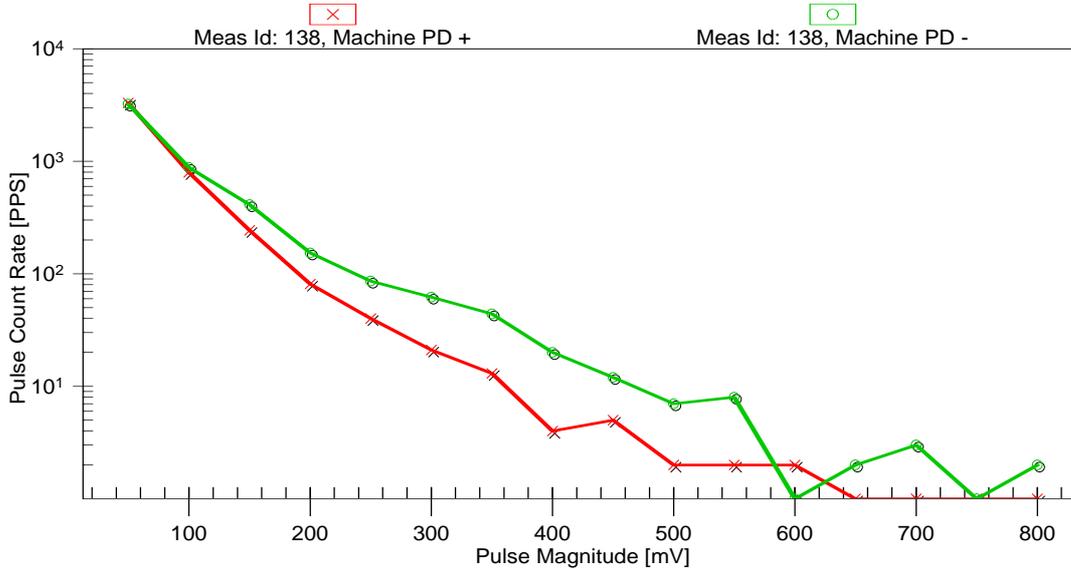
Manufacturer: N/A, Year of Installation: N/A
 Re-Wind Manufacturer: N/A, Re-Wind Year: N/A
 Winding Type: N/A, Insulation Type: N/A
 Insulation Class: N/A, Insulation Process: N/A
 Cooling System: N/A, Gas Pressure Rating: N/A
 Stator Voltage Rating: N/A, Speed Rating: N/A
 Active Power Rating: N/A, Reactive Power: N/A
 Power Factor: N/A

Operating Load: N/A, Reactive Load: N/A
 Operating Voltage: N/A, Operating Gas Pressure: N/A
 Operating Asset Temp: N/A
 Ambient Temp: N/A, Ambient Humidity: N/A
 Comment: N/A

PD Standard Report W HF

Folder: OFFLINE\ Asset Name: G1 HF Asset Class: Hydro Generator
 Class: Directional BUS (TGA) Phase: C Sensor(s): W-M3 Sensor Type: Epoxy Mica Capacitor (80pF)
 Start Time: 11/23/2010 10:21:57 Sensitivity: 50 to 850, Delay Time: 5 [ns] Ref. Angle: 90
 Freq. (Test Duration): 50 Hz, (1 sec.), Quality Flag (long): Over-magnitude pulses
 Pulse count overload

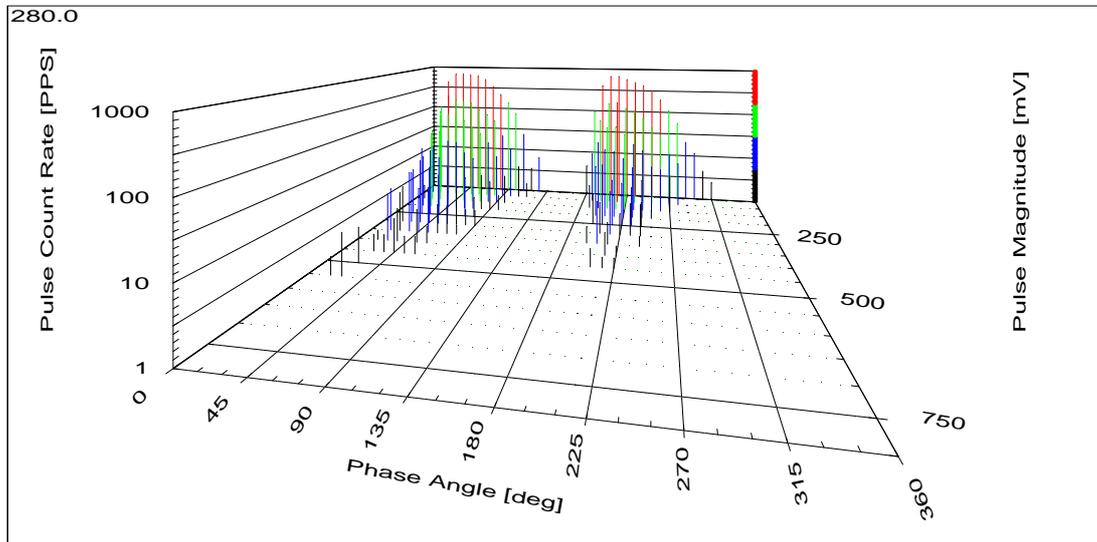
Pulse Height Analysis Plot



Machine: NQN+ 800, NQN- 1036, Qm+ 355, Qm- 450

Pulse Phase Analysis Plot

Meas: 138, Absolute Machine PD



Manufacturer: N/A, Year of Installation: N/A
 Re-Wind Manufacturer: N/A, Re-Wind Year: N/A
 Winding Type: N/A, Insulation Type: N/A
 Insulation Class: N/A, Insulation Process: N/A
 Cooling System: N/A, Gas Pressure Rating: N/A
 Stator Voltage Rating: N/A, Speed Rating: N/A
 Active Power Rating: N/A, Reactive Power: N/A
 Power Factor: N/A

Operating Load: N/A, Reactive Load: N/A
 Operating Voltage: N/A, Operating Gas Pressure: N/A
 Operating Asset Temp: N/A
 Ambient Temp: N/A, Ambient Humidity: N/A
 Comment: N/A

7 MISURA DELLA IMPEDENZA STATICA

| | |
|--|---|
| Esecutore della misura | SIMONE GALENDA |
| Personale della centrale presente | FRANCO GOSETTI |
| Data e ora | 23 NOVEMBRE 2010 |
| Specifica di riferimento interna Ampere | ST GEN 015 |
| Strumentazione utilizzata | Multimetro digitale e pinza amperometrica. Variac: 0-230V; Trasformatore d'isolamento 220-220 V _{ac} |
| Scadenza calibrazione strumento | 2011 |
| Posizione del rotore al momento della misura | INSERITO |
| Temperatura dell'avvolgimento | 22 ° C |

| Voltage [V] | Current [A] | Impedance [Ω] |
|-------------|-------------|------------------------|
| 10,580 | 0,717 | 14,756 |
| 20,290 | 1,375 | 14,756 |
| 30,050 | 2,028 | 14,818 |
| 40,360 | 2,724 | 14,816 |
| 49,890 | 3,362 | 14,839 |
| 60,130 | 4,044 | 14,869 |
| 70,600 | 4,743 | 14,885 |
| 81,000 | 5,430 | 14,917 |
| 90,800 | 6,076 | 14,944 |
| 100,500 | 6,690 | 15,022 |
| 110,900 | 7,360 | 15,068 |

Tabella 3: misura dell'impedenza statica totale

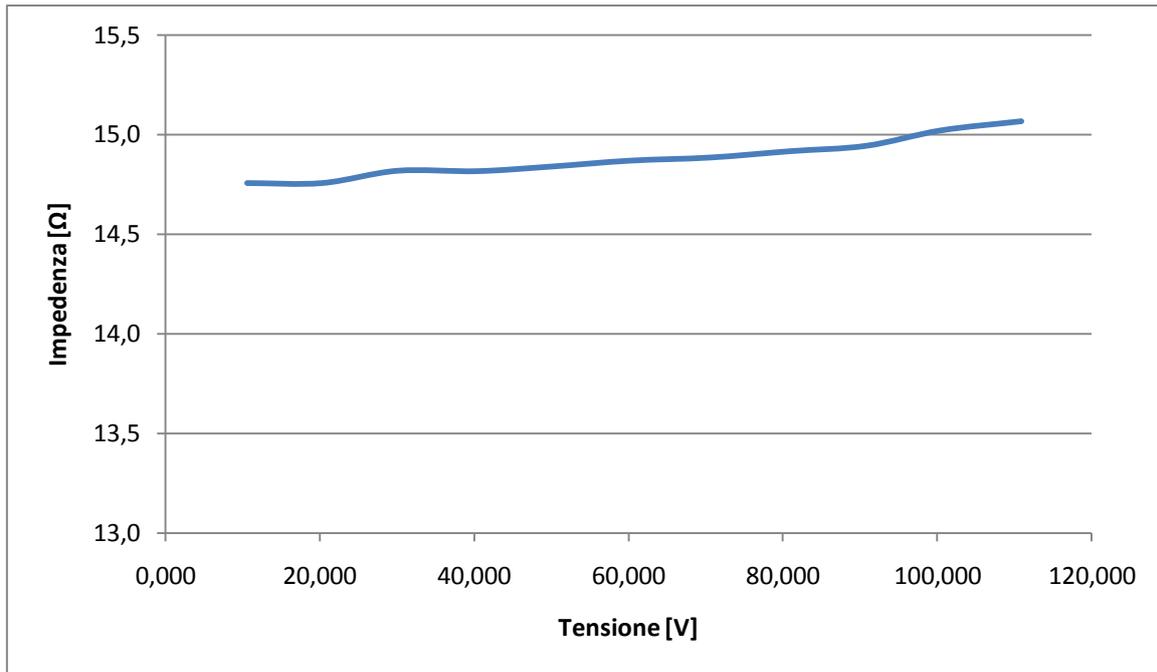
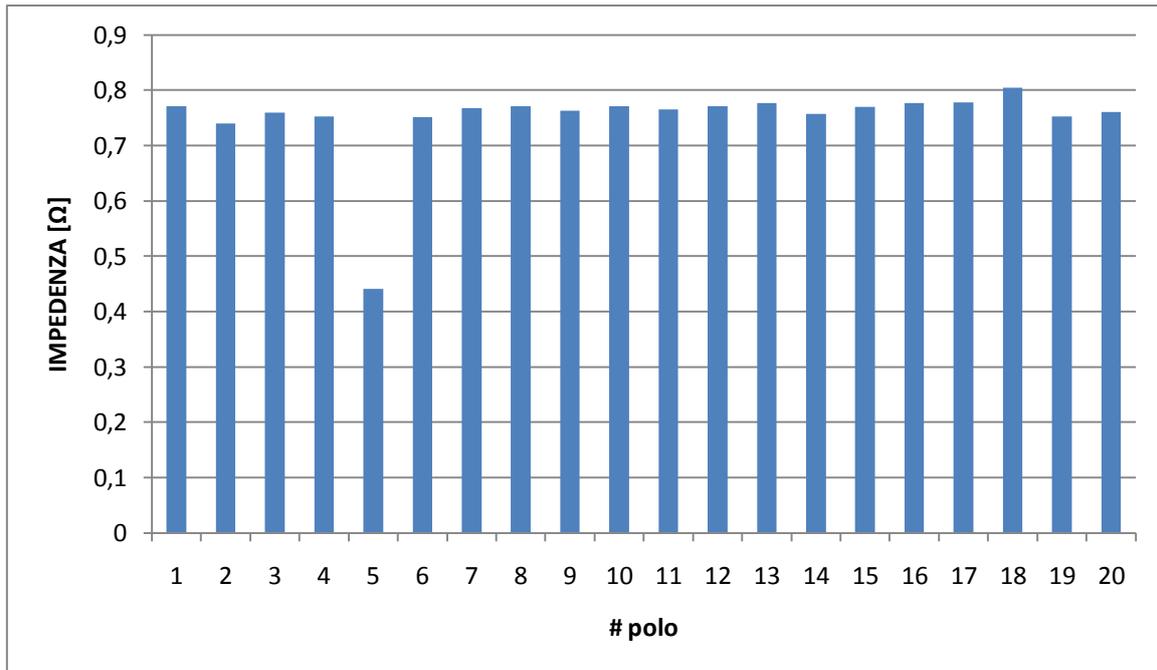


Figura 9: grafico dell'impedenza statica totale in funzione della tensione di alimentazione

| | |
|---------------------------|--|
| IMPEDENZA DI COLLAUDO [Ω] | |
| ULTIMA MISURA [Ω] | |

| POLO # | Voltage [V] | Current [A] | Impedance [Ω] |
|--------|-------------|-------------|---------------|
| 1 | 5,650 | 7,330 | 0,771 |
| 2 | 5,510 | 7,450 | 0,740 |
| 3 | 5,580 | 7,350 | 0,759 |
| 4 | 5,520 | 7,340 | 0,752 |
| 5 | 3,250 | 7,370 | 0,441 |
| 6 | 5,550 | 7,380 | 0,752 |
| 7 | 5,660 | 7,370 | 0,768 |
| 8 | 5,700 | 7,390 | 0,771 |
| 9 | 5,607 | 7,350 | 0,763 |
| 10 | 5,677 | 7,360 | 0,771 |
| 11 | 5,630 | 7,360 | 0,765 |
| 12 | 5,679 | 7,360 | 0,772 |
| 13 | 5,719 | 7,360 | 0,777 |
| 14 | 5,560 | 7,340 | 0,757 |
| 15 | 5,635 | 7,320 | 0,770 |
| 16 | 5,714 | 7,350 | 0,777 |
| 17 | 5,720 | 7,350 | 0,778 |
| 18 | 5,910 | 7,350 | 0,804 |
| 19 | 5,530 | 7,350 | 0,752 |
| 20 | 5,590 | 7,350 | 0,761 |

Tabella 4: misura dell'impedenza dei singoli poli



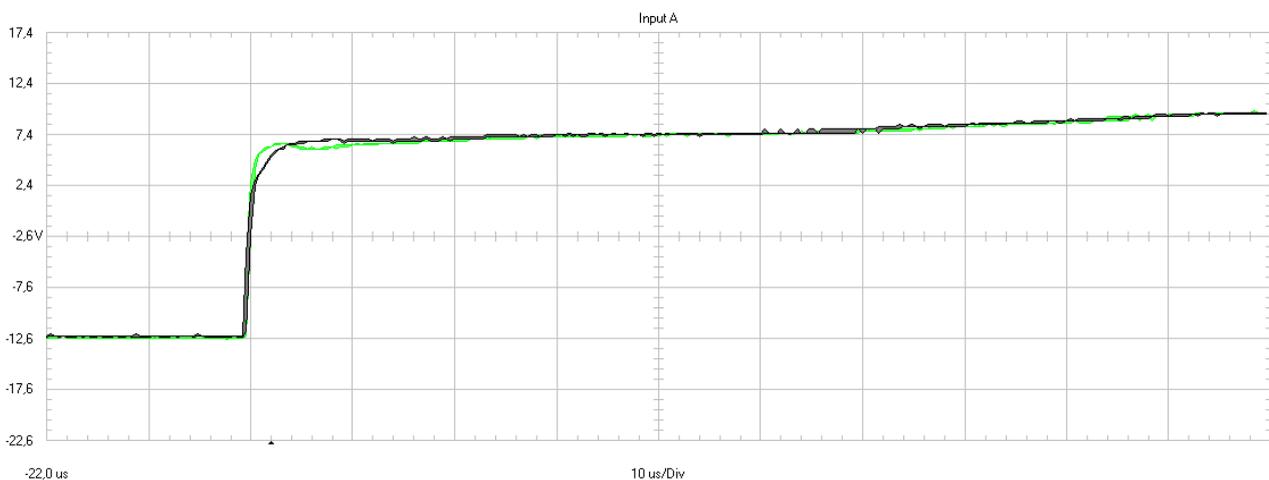
Note: non sono accettabili variazioni di impedenza tra poli maggiori del 10% riferite al polo con impedenza maggiore.

Risultati: il polo con impedenza maggiore è il 18. La massima variazione di impedenza accettata (inferiore del 10% rispetto a questo polo) è di 0,724[Ω]. Sono quindi da considerare sospetti i valori di impedenza minori a $0,804 - 0,080 = 0,724[\Omega]$.

Nell'avvolgimento rotorico dell'alternatore della centrale di Quart solo il polo numero 5 ha una impedenza minore di 0,724, pertanto su questo polo si riscontra una indicazione di cortocircuiti fra le spire.

7.1 MISURA RIFLETTOMETRICA (RSO)

| | |
|--|--|
| Esecutore della misura | SIMONE GALENDA |
| Personale della centrale presente | FRANCO GOSETTI |
| Data e ora | 23 NOVEMBRE 2010 |
| Specifica di riferimento interna Ampere | ST GEN 015 |
| Strumentazione utilizzata | Generatore di impulsi; Oscilloscopio digitale FLUKE 196C; |
| Scadenza calibrazione strumento | 2011 |
| Posizione del rotore al momento della misura | INSERITO CON SCUDI APERTI E TERMINALI STATORICI SCOLLEGATI DALLA LINEA E A TERRA |
| Temperatura dell'avvolgimento | 22°C |



Note: la misura è stata effettuata per ottenere maggiori informazioni rispetto alla misura di impedenza statica, circa la presenza o meno di cortocircuiti tra le spire dell'avvolgimento rotorico.

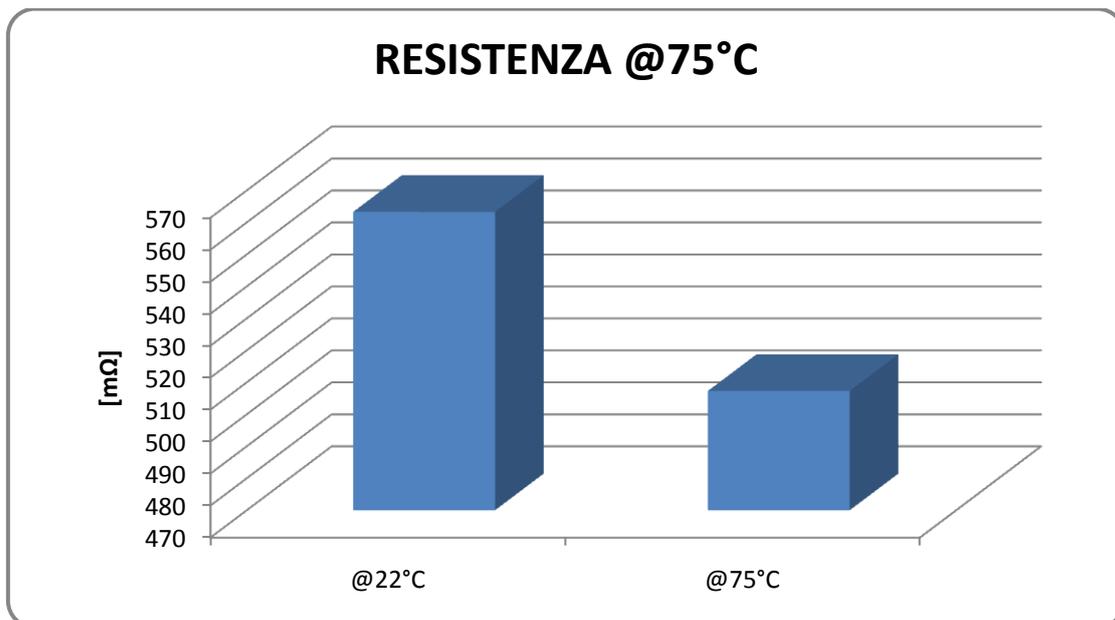
Risultati: si evidenziano disuniformità tra le due forme d'onda rilevate tra i due anelli.

Anche se la misura rifletto metrica è meno sensibile a corti su bobine di idroalternatori rispetto ad avvolgimenti di rotor a poli lisci, si riscontra una indicazione di cortocircuiti anche con questo test.

8 RESISTENZA OHMICA DELL'AVVOLGIMENTO ROTORICO

| | |
|---|-----------------------|
| Esecutore della misura | SIMONE GALENDA |
| Personale della centrale presente | FRANCO GOSETTI |
| Data e ora | 23 Novembre 2010 |
| Specifica di riferimento interna Ampere | STGEN006 |
| Temperatura avvolgimento (media RTD) T1 | 22 ° C |
| Temperatura di riferimento T2 | 75 ° C |
| Strumento utilizzato | Microohmetro digitale |
| Scadenza calibrazione strumento | 2011 |

| | MISURE [mΩ] | T1 [°C] | T2 [°C] | R [mΩ] @T2 | Ultima misura |
|---------------|----------------|------------|------------|---------------|------------------|
| ROTORE | 467 | 22 | 75 | 563,3 | 507,3 |



Note: sono accettate variazioni inferiori al 2% tra dati di collaudo e/0 tra misure successive

Risultato: la misura risulta dello stesso ordine di grandezza del test del 2007.

9 RESISTENZA DELL'ISOLAMENTO ROTORICO

| | |
|---|-------------------------------|
| Esecutore della misura | SIMONE GALENDA |
| Personale della centrale presente | FRANCO GOSETTI |
| Data e ora | 24 Novembre 2010 |
| Specifica di riferimento interna Ampere | ST GEN006 |
| Tensione di prova | 250 V _{DC} |
| Strumento utilizzato | Megaohmetro Megger AVO MIT520 |
| Scadenza calibrazione strumento | 2011 |

| | |
|---------------------------|-----------------------|
| COMPONENTE IN PROVA | Avvolgimento rotorico |
| VALORE MINIMO ACCETTABILE | 1,5 MΩ |
| VALORE MISURATO | 15 kΩ |

Note: MISURA ESEGUITA CON GLI SCUDI DELL'ALTERNATORE RIMOSI E DOPO LA PULIZIA DELLA ZONA ANELLI COLLETTORI .

Risultato: VALORE NON ACCETTABILE

10 ISPEZIONE VISIVA

10.1 STATORE



Figura 10: PD in uscita cava lato opposto ecc.



Figura 13: PD associate a vibrazioni



Figura 11: vibrazioni in uscita cava



Figura 14: PD nei canali di ventilazione



Figura 12: PD nella zona di inizio gradazione



Figura 15: PD



Figura 16: vibrazioni lato ecc



Figura 20: poverino riconducibile a vibrazioni



Figura 17

Figura 18: biette statoriche mancanti



Figura 19: biette mancanti a ore 6



Figura 21: leggeri segni di vibrazione in testata



Figura 22: passante di neutro da ricondizionare



Figura 23: barre statoriche di scorta



Figura 24: condizione ricambi

10.2 ROTORE



Figura 25: bobine non deformate



Figura 27: polo 5



Figura 26: gabbia aperta

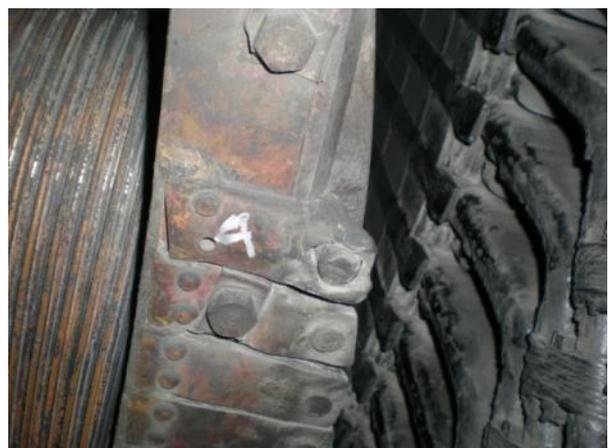


Figura 28: polo4



Figura 29: polo5 lato opposto ecc

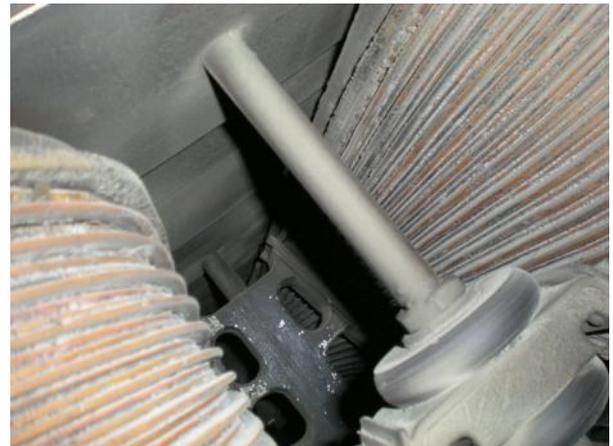


Figura 32: connessione alta tra poli



Figura 30: collegamento agli anelli



Figura 33: connessione interpolare



Figura 31: connessioni



Figura 34: polo2