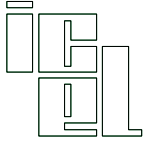


21053 CASTELLANZA (VA)  
VIA CARLO JUCKER, 16

Sede legale:  
21053 CASTELLANZA (VA)  
VIA SALVO D'ACQUISTO, 15  
Tel. +39-0331-500.510  
Fax +39-0331-503.035  
E-mail icel@icel.it  
http://www.icel.it  
R.E.A. n. 111635  
C.C.P. n. 19864214  
Registro imprese: 7492 VA026  
Capitale € 51.480 int. vers.

**INDUSTRIA COMPONENTI ELETTRONICI**Castellanza  
02/2020**Considerations on harsh environment applications /  
Considerazioni su applicazioni in ambienti caldi e umidi****ENGLISH**

- A. **General considerations in the event that a significant damage to the film metallization is found (for example by analysis of received samples) which suggests a significant ionization (which, however, requires high voltage and over-voltage) and a contribution due to the action of humidity.**
- It is possible that this type of over stress is evident from the appearance of the films and from the oxidation (yellowing-darkening) of the metal spraying of the heads. Part deformations and bulges may not necessarily be found
  - in the event that a not short time elapses (for example 1-2 years) before the occurrence of failures and / or the presence of various different stages and levels of damage to the film is found in different groups of components examined (if available), it can be considered that these occurred gradually and by prolonged and continuous action, not by instantaneous anomalous events that led to an immediate explosion
  - The de-plating of the film metallization (observed) determines an increase of the ESR, therefore an increase in the temperature of the pieces which, when it reaches high levels (in addition to accelerating the deleterious effect if significant humidity is present) reduces the dielectric rigidity and determines a strong reduction of the Insulation Resistance: the geometric escalation causes an ever more important and rapid damage and deterioration of the condenser conditions.  
Until the component is no longer able to withstand electrical stress, it can no longer heal in the event of regeneration and also due to the flow of Irms it reaches melting temperatures of the materials (film extrusion), explosion (distortion and cracking of the box) and flame formation (box and resin are self-extinguishing but the dielectrics are not: when the element body loses its integrity and the molten film escapes it can burn.
  - Given the typical damage mechanism, it is essential to maintain appropriate margins in choosing the component rating with respect to the working voltage. It is equally important to keep the total operating temperature reasonably low.  
Furthermore, it would be possible and appropriate to intercept any damage "in progress" thanks to the identification of anomalous increases of the capacitor's temperature ( $> \Delta T$  detected in normal operating conditions and / or greater than expected in the specification with maximum power and Irms applied): the first phase damage-heating is typically very long and the interruption of power-alarm would allow not to reach the critical phase with possible explosion
  - Some equipment manufacturers adopt capacitor replacement plans with properly calibrated intervals (and corresponding layouts that allow easy maintenance), in particular if they estimate "heavy" applications and / or in critical environmental conditions
  - AC power capacitors are among those most and considerably stressed due to the presence of multiple contributions: not only voltage and temperature but consistent Irms and possible exposure to



humidity which together with temperature can cause particularly rapid aging especially with AC voltage applied.

In fact, the possible penetration of humidity inside the winding can determine an electrochemical reaction with the formation of gas (swelling of the boxes) and substantial-rapid damage to the metallization of the film and other internal metal components, depending on the characteristics of the materials, the construction scheme, etc.

- Paradoxically, capacitors for AC applications typically require materials intrinsically sensitive to moisture to have adequate performance and resistance. Different materials and metal alloys, less sensitive to humidity, are less effective and require construction schemes, sizing and less efficient construction: they often determine unacceptable dimensional and cost increases.
- Any film capacitor, however well done, can undergo the penetration of humidity (the greater, the greater is the combination of high temperature and high % ambient humidity, the duration of the exposure, and is a function of its dimensional-constructive characteristics) and a more or less high aging in a time that can also be very variable.

What can be done by the manufacturer is to adopt construction-process measures, special protective materials as well as suitable designs to maintain adequate behavior and performance in standard conditions but also an increase in resistance to moisture penetration and a reduction-slowdown in the occurrence of deleterious effects due to it.

For example, consider the case of the THZ series, an alternative to the MHBA, for AC power applications with greater resistance to harsh environment and better performance under the THB (Temperature Humidity Biased) test.

Always bear in mind that this is a significant increase in resistance a priori but the protection from humidity that can be obtained is not total \*\*

- Although we can think of making standard series with special protective materials, the advantage that can be obtained is often marginal (it is necessary to adopt specific materials and an ad-hoc global design)
- Reliable formulas and systems for estimating the expected life or failure rate based on voltage and temperature are available while they are not also taking into account the humidity parameter because they are affected by too many interdependent variables - not reliable, i.e. not estimable with a reasonably low margin of error
- The potentially harmful action of high temperature + high humidity requires the presence of applied voltage to trigger it significantly, but once activated it acts very quickly and extensively: it can lead to serious damage up to the destruction of the components even in very short times, extremely reduced compared to the estimates of the expected life in standard operating conditions.

For this reason, it is essential (in addition to choosing components with ratings that guarantee high operating margins compared to operating conditions), not to underestimate the environmental operating conditions.

It is necessary to ensure that the equipment and components contained in them do not operate in extreme humidity conditions except in controlled conditions

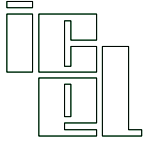
Please note: the above is indicated and explained in the product specifications and in the GTI chapter (General Technical Information, which forms an integral part of the product specifications) in the General Catalog and on the website [www.icel.it](http://www.icel.it). We remember in particular (in addition to those specific to power applications, power dissipation etc.) the paragraphs:

-B29

-B34

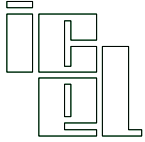
-B35

-C10, \*\* in particular the graph on page 0.22, which highlights the operating limits as a function of T and RH for "normal" components and components designed for "Harsh Environment" conditions

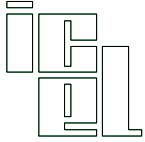


**B. Some indications and general criteria on resistance to humidity and / or the possibility of penetration of moisture into the components:**

- Regardless of "what's inside" (which as mentioned above is however very crucial for the behavior and actual performance in the presence of humidity), and with the necessary exceptions,
  - Box-sealed components offer superior protection compared to axial components taped and sealed on the heads
  - small-medium sized components can be more critical because obviously the thickness-masses of the protective materials are typically smaller
- Since the spill / contact areas of the terminals from / with the seals are a critical point, multi-terminal components may be more sensitive than similar ones with only 2 terminals
- For the same reason, lug terminals can be more critical because they have a higher contact surface with the seals than radial or wire terminals
- Based on the ratings, field of application (which however do not have a single and constant correlation with "what's inside" in terms of materials and their characteristics) and with the necessary exceptions,
  - DC rated components and for DC applications may suffer less from humidity or in any case its action may be slower and less serious
  - AC rated components specifically designed for AC applications can be more sensitive to humidity, at least because in the presence of medium to high AC voltage the aging effect due to humidity is more intense and faster
  - components equipped with a construction scheme with internal series connection could better resist humidity for longer thanks to the maintenance of voltage for each section at medium-low levels
  - for the same reason, given the same application, operating conditions and exposure to humidity (+ high temp.), in the same series-type of product, components with a higher voltage rating (therefore more "margined") can suffer less show any deleterious effects in longer times
  - components with higher energy density (ratio between power-rating and volume-size) suffer more from stress from humidity than components with lower energy density
- The choice of components suitable for harsh environments or so-called THB rated (such as the ICEL THZ series), is necessary if environmental criticalities are known (in particular high temperature + high RH) and can in any case be a valid a priori qualitative approach. However, please note that, as far as explained so far, it is not a "panacea" (see graph in paragraph C-10 of the GTI)

**ITALIAN**

- A. **Considerazioni generali nel caso in cui venga riscontrato (ad esempio da analisi di campioni ricevuti) un rilevante danneggiamento della metallizzazione film che faccia pensare ad una rilevante ionizzazione (che però richiede elevata tensione e sovra-tensione) ed un contributo dovuto all'azione di umidità.**
- È possibile che tale tipologia di sovrastress si evinca dall'aspetto dei film e dall'ossidazione (ingiallimento-inscurimento) delle spruzzature metalliche delle testate. Non necessariamente potrebbero essere riscontrate deformazioni e rigonfiamenti dei pezzi
  - nel caso in cui trascorra un tempo non breve (ad esempio 1-2 anni) prima del manifestarsi di failures e/o si riscontri la presenza di vari differenti stadi e livelli di danneggiamento film in diversi gruppi di componenti esaminati (se disponibili), si può ritenere che questi si siano determinati in modo graduale e per azione prolungata e continua, non per eventi anomali istantanei che abbiano determinato una esplosione immediata
  - Il de-plating della metallizzazione film (osservato) determina un aumento di ESR, quindi un incremento della temperatura dei pezzi che, quando tocca livelli elevati (oltre ad accelerare l'effetto deleterio se presente consistente umidità) riduce la rigidità dielettrica e determina una forte riduzione della Resistenza di Isolamento: l'escalation è di tipo geometrico determinando un danneggiamento e peggioramento delle condizioni del condensatore sempre più importante e rapido. Fino a che il componente non è più in grado di sopportare le sollecitazioni elettriche, non riesce più a cicatrizzare in caso di rigenerazione ed anche a causa del flusso di Irms raggiunge temperature di fusione dei materiali (estrusione di film), esplosione (distorsione e fessurazione del box) e formazione di fiamma (box e resina sono auto-estinguenti ma i dielettrici no: quando il corpo elemento perde la sua integrità ed il film fuso fuoriesce può bruciare).
  - Visto il meccanismo tipico di danneggiamento, è fondamentale mantenere dei margini opportuni nella scelta del rating componente rispetto alla tensione di lavoro. È altrettanto importante mantenere ragionevolmente contenuta la temperatura operativa totale. Inoltre sarebbe possibile ed opportuno intercettare eventuali danneggiamenti "in progress" grazie all'individuazione di anomali incrementi di temperatura condensatori ( $> \Delta T$  rilevato in condizioni normali di funzionamento e/o maggiore di quanto previsto a specifica con massima potenza e Irms applicata): la prima fase di danneggiamento-riscaldamento è infatti tipicamente molto lunga e l'interruzione di alimentazione-allarme consentirebbe di non raggiungere la fase critica con possibile esplosione.
  - Alcuni produttori di apparati adottano piani di sostituzione dei condensatori con intervalli opportunamente calibrati (e corrispondenti layout che consentano manutenzione agevole), in particolare se stimano applicazioni "pesanti" e/o in condizioni ambientali critiche
  - I condensatori AC power sono tra quelli maggiormente e considerevolmente sollecitati per la presenza di molteplici fattori di stress: non solo tensione e temperatura ma Irms consistente e possibile esposizione all'umidità che insieme alla temperatura può determinare un invecchiamento particolarmente rapido soprattutto con tensione AC applicata. L'eventuale penetrazione di umidità all'interno dell'avvolgimento può infatti determinare una reazione elettrochimica con formazione di gas (rigonfiamento dei box) e consistente-rapido danneggiamento della metallizzazione del film e di altri componenti metallici interni, in funzione delle caratteristiche dei materiali, dello schema costruttivo ecc.
  - Paradossalmente, i condensatori per applicazioni AC richiedono (per avere prestazioni e resistenza adeguata) tipicamente materiali intrinsecamente sensibili all'umidità. Materiali e leghe metalliche differenti, meno sensibili all'umidità, sono meno efficaci e richiedono schemi costruttivi, dimensionamento e costruzione meno efficiente: determinano aumenti dimensionali e di costo spesso improponibili.
  - Qualsiasi condensatore a film, per quanto ben realizzato, può subire la penetrazione di umidità (tanto maggiore quanto maggiore è la combinazione di elevata temperatura ed elevata % umidità ambiente,



della durata dell'esposizione, ed è funzione delle sue caratteristiche dimensionali-costruttive) e un più o meno elevato invecchiamento in un tempo anche molto variabile.

Ciò che il produttore può fare è adottare accorgimenti costruttivi-di processo, materiali protettivi speciali oltre che design opportuni per mantenere un adeguato comportamento e prestazioni in condizioni standard ma anche un incremento della resistenza alla penetrazione di umidità ed una riduzione-rallentamento del presentarsi degli effetti deleteri ad essa dovuti.

Si consideri ad esempio il caso della serie THZ, alternativa alla MHBA, per applicazioni AC power con maggiore resistenza ad harsh environment e migliori prestazioni sotto test THB (Temperature Humidity Biased).

Si tenga sempre e comunque presente che si tratta di un significativo aumento di resistenza a priori ma che la protezione dall'umidità ottenibile non è totale \*\*

- Sebbene si possa pensare di realizzare serie standard con materiali protettivi speciali, il vantaggio ottenibile è spesso marginale (è necessario adottare materiali specifici ed una progettazione globale ad hoc).
- Formule e sistemi affidabili di stima dell'expected life o failure rate in funzione di tensione e temperatura sono disponibili mentre non lo sono tenendo conto anche del parametro umidità perché affette da troppe variabili interdipendenti – non affidabili, cioè non stimabili con un margine di errore ragionevolmente basso
- L'azione potenzialmente dannosa di elevata temperatura + elevata umidità richiede la presenza di tensione applicata per innescarsi in modo significativo, ma una volta attivata agisce in modo molto rapido ed esteso: può portare al danneggiamento grave fino alla distruzione dei componenti anche in tempi molto brevi, estremamente ridotti rispetto alle stime di "expected life" in condizioni operative standard.

Per questo è fondamentale (oltre a scegliere componenti con rating che garantiscano margini operativi elevati rispetto alle condizioni operative) non sottovalutare le condizioni operative ambientali.

È necessario fare in modo che apparati e componenti in essi contenuti non operino in condizioni di umidità estreme se non in ambienti in condizioni controllate.

N.B.: quanto sopra è indicato e spiegato nelle specifiche di prodotto e nel capitolo GTI (General Technical Information, che costituisce parte integrante delle specifiche di prodotto) a Catalogo Generale e nel sito [www.icel.it](http://www.icel.it).

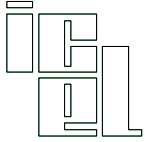
Ricordiamo in particolare (oltre a quelli specifici su applicazioni power, power dissipation ecc.) i paragrafi:

-B29

-B34

-B35

-C10, \*\* in particolare il grafico a pagina 0.22, che evidenzia i limiti operativi in funzione di T e RH per componenti "normali" e componenti progettati per condizioni "Harsh Environment"



**B. Alcune indicazioni e criteri generali sulla resistenza all'umidità e/o possibilità di penetrazione di umidità nei componenti:**

- A prescindere da *“cosa c'è dentro”* (che come detto sopra è comunque molto determinante per il comportamento e le prestazioni effettive in presenza di umidità), e con le dovute eccezioni,
  - componenti sigillati in box offrono una protezione superiore rispetto ai componenti assiali nastrati e sigillati sulle teste
  - componenti di dimensioni medio-piccole possono essere più critici perché ovviamente gli spessori-masse dei materiali di protezione sono tipicamente minori
- Visto che le aree di fuoriuscita/ di contatto dei terminali dalle/ con le sigillature sono un punto critico, componenti multi-terminali possono essere più sensibili rispetto a quelli analoghi dotati di soli 2 terminali
- Per lo stesso motivo terminali a staffa possono essere più critici perché hanno una più elevata superficie di contatto con le sigillature rispetto a terminali radiali o a filo
- In base ai rating, campo di applicazione (che però non hanno una correlazione unica e costante con *“cosa c'è dentro”* in termini di materiali e loro caratteristiche) e con le dovute eccezioni,
  - componenti DC rated e per applicazioni DC possono meno soffrire l'umidità o comunque la sua azione può essere più lenta e meno grave
  - componenti AC rated e specificamente destinati ad applicazioni AC possono essere più sensibili all'umidità, se non altro perché in presenza di tensione AC medio elevata l'effetto di invecchiamento dovuto all'umidità è più intenso e rapido
  - componenti dotati di schema costruttivo con connessione serie interna potrebbero meglio- più a lungo resistere all'umidità grazie al mantenimento della tensione per ciascuna sezione a livelli medio-bassi
  - per lo stesso motivo, a parità di applicazione, condizioni operative ed esposizione all'umidità (+alta temp.), nella stessa serie-tipologia di prodotto i componenti con maggiore rating di tensione (quindi più *“marginati”*) possono soffrire meno e mostrare eventuali effetti deleteri in tempi più lunghi
  - componenti con maggiore *“energy density”* (rapporto tra potenza-rating e volume-dimensioni) soffrono maggiormente gli stress da umidità rispetto a componenti con minore *“energy density”*
- La scelta di componenti adatti ad *“harsh environment”* o cosiddetti THB rated (come la serie ICEL THZ), è necessaria se sono note criticità ambientali (in particolare elevata Temperatura+ elevata RH) e può essere comunque un valido approccio qualitativo a priori. Si ricorda tuttavia che, per quanto fin'ora spiegato, non è una panacea (vedi grafico al paragrafo C-10 del GTI)