

# Instal·lacions a tensions no usuals i instal·lacions de receptors

Carles Revert Boix

Instal·lacions elèctriques especials



# Índex

<b>Introducció</b>	<b>5</b>
<b>Resultats d'aprenentatge</b>	<b>7</b>
<b>1 Instal·lacions a tensions no usuals</b>	<b>9</b>
1.1 Classificació de les instal·lacions a tensions no usuals	10
1.2 Simbologia específica	11
1.2.1 Marcatge CE	15
1.3 Fonts d'alimentació	18
1.3.1 Funcionament de les fonts d'alimentació	19
1.3.2 Fonts d'alimentació per MBTP i MBTS	22
1.4 Instal·lacions a molt baixa tensió (ITC-BT-36)	23
1.4.1 Aspectes generals de les instal·lacions a molt baixa tensió (cablatge)	24
1.4.2 Condicions d'instal·lació dels circuits	25
1.4.3 Requisits particulars per a les instal·lacions a MBTS	27
1.4.4 Requisits particulars per a les tensions a MBTP	29
1.5 Instal·lacions a tensions especials (ITC-BT-37)	30
1.5.1 Exemples de cables per a tensions especials	30
1.6 Mesures i resolució de problemes en el muntatge d'instal·lacions a tensions no usuals	32
1.6.1 Localització d'avaries	33
1.6.2 Triar els recanvis	36
1.7 Manteniment d'instal·lacions a tensions no usuals	37
1.7.1 Garantia de funcionament	38
1.7.2 Manteniment preventiu i manteniment correctiu	40
<b>2 Instal·lacions de receptors</b>	<b>45</b>
2.1 Classificació de les instal·lacions de receptors	45
2.2 Simbologia específica	47
2.3 Mesurar la intensitat, tensió, potència i el factor de potència: equips i procediments	48
2.3.1 Mesurar la tensió	50
2.3.2 Mesura del corrent	51
2.3.3 Mesurar la resistència	53
2.3.4 Mesurar la potència	53
2.3.5 Altres mesures	54
2.4 Prescripcions generals per a la instal·lació de receptors (ITC-BT-43)	56
2.4.1 Desequilibris en les fases	57
2.4.2 Oscil·lacions fortes de potència absorbida	59
2.4.3 Compensació del factor de potència	59
2.5 Instal·lacions de receptors. Receptors d'il·luminació (ITC-BT-44)	64
2.5.1 Objecte i camp d'aplicació	64
2.5.2 Lluminària	64
2.5.3 Làmpades	65
2.5.4 Portalàmpades	65

2.5.5	Condicions d'instal·lació dels receptors per enllumenat . . . . .	65
2.6	Qualitat en el subministrament elèctric als receptors . . . . .	66
2.6.1	Característiques de la qualitat de l'ona de tensió (UNE-EN 50160) . . . . .	67
2.7	La CEM: la compatibilitat electromagnètica . . . . .	72
2.7.1	Generadors de perturbacions electromagnètiques . . . . .	73
2.7.2	Acoblaments . . . . .	75
2.7.3	Víctimes . . . . .	76
2.7.4	Recomanacions a les instal·lacions . . . . .	77
2.7.5	Disposició en malla dels circuits i de les xarxes de masses . . . . .	79
2.7.6	La separació elèctrica de circuits . . . . .	79
2.7.7	Un cablejat ben pensat . . . . .	80
<b>3</b>	<b>Instal·lacions de receptors escalfadors, motors i transformadors</b>	<b>83</b>
3.1	Aparells d'escalfament (ITC-BT-45) . . . . .	84
3.1.1	Ús domèstic . . . . .	85
3.1.2	Ús industrial . . . . .	90
3.1.3	Aparells industrials per a l'escalfament de líquids . . . . .	90
3.2	Cables i plafons radiants (ITC-BT-46) . . . . .	92
3.2.1	Particularitats per a instal·lacions de cables calefactors al sostre . . . . .	95
3.3	Instal·lació de motors i eines portàtils (ITC-BT-47) . . . . .	96
3.3.1	Dimensionament dels conductors per als motors . . . . .	96
3.3.2	Protecció contra sobreintensitats . . . . .	97
3.3.3	Protecció dels motors contra la falta de tensió . . . . .	101
3.3.4	Sobreintensitats d'arrencada . . . . .	102
3.3.5	Tipus d'arrencada dels motors d'inducció amb rotor curtcircuitat . . . . .	103
3.3.6	Instal·lació de reòstats i resistències . . . . .	107
3.3.7	Eines portàtils . . . . .	107
3.4	Transformadors i rectificadors (ITC-BT-48) . . . . .	107
3.4.1	Transformadors i autotransformadors . . . . .	108
3.4.2	Reactàncies i rectificadors . . . . .	108
3.4.3	Condensadors . . . . .	109
3.5	Protecció i manteniment dels transformadors . . . . .	109

## Introducció

Tractem aquí les instal·lacions elèctriques especials. Totes les instal·lacions elèctriques estan basades en el mateix principi físic, el camp elèctric i magnètic i les propietats elèctriques i magnètiques dels materials, conductors i aïllants. Les magnituds a mesurar són a totes les instal·lacions les mateixes: tensió, corrent, potència, energia i aïllament. Això ens podria induir a pensar que totes les instal·lacions són iguals. Però no és veritat. Les instal·lacions elèctriques són diferents en molts aspectes. La instal·lació elèctrica d'un habitatge no es pot comparar amb la d'una indústria. Perquè els receptors o consumidors d'energia tenen un consum diferent, mentre que en l'habitatge hi ha consums monofàsics baixos, en la indústria hi ha grans consums trifàsics. Mentre que un habitatge no té pràcticament cap tipus de manteniment ni de revisions, en la indústria el manteniment i les revisions són constants. Mentre que en les llars una interrupció a temps per una avaria pot no representar cap pèrdua, en una indústria un hora de tall de subministrament elèctric pot significar una pèrdua de milions, penseu, per exemple, en qualsevol cadena de muntatge.

Les instal·lacions tampoc no poden ser iguals pel que fa a les tensions de subministrament. Les molt baixes tensions (MBT) ens ofereixen una gran seguretat. Les molt baixes tensions s'utilitzen en llocs on es necessita una seguretat afegida. Les baixes tensions també s'utilitzen en el funcionament dels aparells electrònics. Les baixes tensions, doncs, estan molt presents en les llars, tant als llocs on per seguretat són necessàries com, per exemple, a les cambres de bany que tenen una instal·lació molt a prop de l'aigua, volums prohibits, o senzillament perquè la baixa tensió és necessària per al funcionament del receptor (carregador del mòbil, llum al·lògena o LED).

Les instal·lacions a baixes tensions tenen l'inconvenient que els corrents són molt elevats, la qual cosa implica cables molt gruixuts. Si el receptor té un consum elèctric baix no hi ha cap problema. Si el receptor té un consum molt elevat, com més baixa sigui la tensió d'alimentació més gruixut ha de ser el cable que l'alimenti. En la indústria, en què els consums són molt elevats, una distribució a tensions usuals (230 V - 400 V) resulta moltes vegades insuficient, i es fa necessari l'ús de tensions més elevades que les usuals, les anomenades **tensions especials**. Aquestes tensions especials són més perilloses i necessiten un aïllament més gran, però ens permeten emprar seccions de cable més petites. Amb el preu actual del coure és un avantatge molt interessant.

Les instal·lacions a molt baixa tensió i les instal·lacions a tensions especials, més grans que les usuals, les veurem en l'apartat "Instal·lacions a tensions no usuals". En l'apartat "Instal·lacions de receptors" veureu els diferents tipus de receptors i la qualitat en el subministrament elèctric. Per acabar, en l'apartat "Instal·lacions de receptors escalfadors, motors i transformadors" veurem els receptors especials, els escalfadors, els motors i els transformadors.

Per als receptors per funcionar bé necessiten que la tensió es mantingui dins d'uns marges, hi ha càrregues que amb un petit tall de corrent no els passa res, però altres deixen de funcionar. Per exemple, en un motor elèctric la inèrcia del moviment pot fer que un petit tall elèctric no representi cap problema, però per a un ordinador un petit tall pot fer que deixi de funcionar completament.

Sobretot les instal·lacions especials han de ser segures. Encara que funcionin amb tensions especials no han de representar cap risc per a les persones que les fan servir, encara que els receptors tinguin perills per la seva manera de funcionar. Receptors com els escalfadors presenten uns perills que no es donen a les instal·lacions usuals amb receptors que no s'escalfen. Els escalfaments són peril·losos, primer perquè poden causar cremades a les persones i animals, però, a més a més, també poden deteriorar els aïllaments de la instal·lació elèctrica o d'altres instal·lacions.

És per tot això que el Reglament electrotècnic de baixa tensió (REBT) dedica les instruccions tècniques complementàries ITC-BT-45 i ITC-BT-46 als receptors que emeten calor. Per als motors, a causa de la seva importància també dedica el reglament la ITC-BT-47. Els receptors a molt baixa tensió i a tensions especials han de complir les ITC-BT-36 i ITC-BT-37 respectivament. Mentre que els receptors de caràcter general (no són ni motors ni aparells escalfadors, i funcionen a tensions usuals) només cal que compleixin la ITC-BT-43. Totes es veuran al llarg d'aquesta unitat formativa.

## Resultats d'aprenentatge

En finalitzar aquesta unitat l'alumne:

1. Munta una instal·lació de molt baixa tensió interpretant la documentació tècnica i aplicant el REBT.

- Descriu diferents casos reals d'instal·lacions d'MBT.
- Identifica els elements de la instal·lació i les seves característiques amb la representació simbòlica en els esquemes i l'emplaçament en els plànols.
- Selecciona, de catàlegs comercials, els materials, equips i dispositius que configuren la instal·lació, a partir de la documentació tècnica i l'aplicació del REBT.
- Organitza les diferents fases del muntatge.
- Du a terme les operacions mecàniques i elèctriques necessàries per al muntatge de la instal·lació (muntatge de canalitzacions elèctriques, dispositius de comandament i protecció, receptors per a enllumenat d'MBT, bases de presa de corrent de BT i d'MBT, execució de connexions, entre d'altres) d'acord amb la documentació tècnica, les instruccions dels fabricants i les prescripcions del REBT.
- Fa un ús adequat del material, dels equips i de les eines.
- Comprova la funcionalitat de la instal·lació.
- Compleix les normes de prevenció de riscos laborals (incloses les de seguretat enfront el risc elèctric) i de protecció ambiental.
- Demostra coneixements suficients de la reglamentació aplicable a les instal·lacions elèctriques a tensions no usuals.

2. Munta una instal·lació de receptors atenent al REBT.

- Classifica diferents receptors en funció de la seva protecció contra xocs elèctrics.
- Relaciona diferents receptors i classes d'aquests amb instal·lacions reals (diferents usos, tipus de locals o emplaçaments).
- Interpreta les especificacions tècniques de la instal·lació.
- Determina el sistema de connexió adequat dels receptors que s'han de muntar.
- Calcula els paràmetres necessaris per al dimensionament de la instal·lació (conductors, dispositius de comandament i protecció, entre d'altres) utilitzant les lleis i regles del càlcul electrotècnic.
- Selecciona, de catàlegs comercials, els materials, equips i dispositius que configuren la instal·lació, a partir dels càlculs fets i les especificacions tècniques de la instal·lació.

- Du a terme les operacions mecàniques i elèctriques necessàries per al muntatge de receptors (motors, transformadors, reactàncies o cables i plafons radiants, entre d'altres possibilitats) d'acord amb les especificacions tècniques i les instruccions dels fabricants.
  - Aplica el REBT.
  - Compleix les normes de prevenció de riscos laborals (incloses les de seguretat enfront el risc elèctric) i de protecció ambiental.
  - Demostra coneixements suficients de la reglamentació aplicable a les instal·lacions elèctriques de receptors.
3. Manté instal·lacions de receptors i de característiques especials aplicant tècniques de mesuraments elèctrics i relacionant la disfunció amb la causa que la produeix.
- Identifica els símptomes observats o mesurats com a disfuncions o possibles avaries.
  - Formula hipòtesis raonades de les possibles causes de les avaries, reals o provocades, en instal·lacions de receptors i de característiques especials.
  - Localitza les avaries fent les proves, comprovacions i mesures d'acord amb el protocol tècnic d'intervenció establert.
  - Du a terme les operacions de reparació o substitució dels elements aplicant els procediments requerits.
  - Aplica el REBT.
  - Utilitza adequadament equips i eines, segons el tipus d'intervenció.
  - Comprova la funcionalitat de la instal·lació.
  - Compleix les normes de prevenció de riscos laborals (incloses les de seguretat enfront el risc elèctric) i de protecció ambiental.



## 1. Instal·lacions a tensions no usuals

Anomenem **molt baixes tensions** (MBT) les tensions que són més baixes que les habituals. D'altra banda, pot ser que sigui necessari disposar d'una tensió més alta que les usuals, per exemple, de 500 V; en aquest cas, les instal·lacions que les necessiten reben el nom d'*instal·lacions a tensions especials*.

### L'ús de les MBT

Les molt baixes tensions s'utilitzen quan els perills són elevats, en ambients humits (SPA), en aparells mòbils, en joguines, etc., o perquè són necessàries per al funcionament, la soldadura d'arc, els vehicles, etc.

Les tensions usuals de baixa tensió són de 230 V, quan el sistema de distribució de l'energia elèctrica és **monofàsic**, i de 400 V quan la distribució té lloc per mitjà d'un **sistema trifàsic**. Per diferents motius, les instal·lacions poden necessitar tensions més altes o més baixes com, per exemple, de 50 V o de 500 V.

Un dels motius pels quals es fan servir **baixes tensions** és la seguretat, perquè les instal·lacions elèctriques són més segures quan la tensió és més baixa. Però hi ha d'altres motius com pot ser el funcionament dels receptors; en aquest cas cal utilitzar una font d'alimentació que doni una tensió reduïda perquè funcioni l'aparell.

D'altra banda, tenim les **tensions especials**, que, al contrari de les baixes tensions, són les més altes de 500 V. Aquestes tensions tan elevades es necessiten per fer funcionar aparells de característiques especials, com són, per exemple, els motors elèctrics que funcionen amb aquesta tensió, o qualsevol tipus de càrrega generalment de gran potència. Amb una tensió més alta de la normal es redueix la caiguda de tensió, la densitat de corrent i evidentment la secció del cable. Òbviament, les instal·lacions a tensions especials han d'estar més aïllades que les tensions usuals. Un altre exemple d'aparells que necessiten molta alta tensió per funcionar són les làmpades de neó d'ús en els rètols lluminosos, les quals fan servir entre 1.000 V i 10.000 V.

Per **reduir la tensió** s'utilitza una font d'alimentació. La font d'alimentació és l'element fonamental de les instal·lacions a molt baixes tensions i ha de complir rigorosament un gran ventall de normatives, tant nacionals (REBT, UNE) com internacionals (CE). A més de complir la normativa vigent, les fonts d'alimentació passen controls rigorosos que duen a terme instituts o empreses certificadores, els quals, una vegada la font d'alimentació passa els controls i les proves que les normatives prescriuen, atorguen el seu segell.

### Instituts certificadors

A Espanya, un exemple d'aquests instituts és AENOR, i en l'espai internacional, TUV, GS, UL. Si consulteu la *Viquipèdia* i aneu a l'entrada *conformance mark*, veureu la gran varietat d'instituts certificadors que hi ha.

## 1.1 Classificació de les instal·lacions a tensions no usuals

Es tracta ara de classificar les instal·lacions a tensions no usuals. Els tipus principals són els següents:

- Molt baixa tensió de seguretat MBTS
- Molt baixa tensió de protecció MBTP
- Molt baixa tensió funcional MBTF
- Tensions especials

La **molt baixa tensió de seguretat** (MBTS) es defineix com la tensió igual o inferior a 50 V en corrent altern, o 75 V en corrent continu. Per aconseguir les molt baixes tensions s'utilitza una font d'alimentació amb aïllament de protecció com pot ser un transformador de seguretat o equivalent, i les masses **no** es connecten ni a terra ni a cap conductor de protecció.

La **molt baixa tensió de protecció** (MBTP) es defineix com la tensió igual o inferior a 50 V en corrent altern, o 75 V en corrent continu. Per aconseguir les molt baixes tensions s'utilitza una font d'alimentació amb aïllament de protecció com pot ser un transformador de seguretat o equivalent, i les masses **sí** han d'estar connectades a terra o a un conductor de protecció.

La **diferència** entre l'MBTS i l'MBTP és que l'MBTS **no es connecta** ni a terra (PE) ni a cap conductor de protecció (CP), i, en canvi, l'MBTP s'ha de connectar a terra (PE) o en algun conductor de protecció (CP).

La **molt baixa tensió funcional** (MBTF) també és la tensió igual o inferior a 50 V en corrent altern, o 75 V en corrent continu. Però allò que la diferencia és que no cal que la font d'alimentació compleixi el requisit de ser un transformador de seguretat o equivalent, i tampoc no hi ha cap requisit pel que fa a la connexió a terra (PE) o al conductor de protecció (CP). En el cas de les MBTF, la protecció davant del risc de contactes directes o indirectes té lloc mitjançant altres sistemes que no és la molt baixa tensió de seguretat. A diferència de les molt baixes tensions de protecció (MBTP) o de les molt baixes tensions de seguretat (MBTS), els sistemes MBTF no ens donen una seguretat per funcionar a baixes tensions, per la qual cosa cal protegir les MBTF com si es tractés d'una tensió usual –de 230 V– i, per aconseguir-ho, s'hi han d'aplicar les proteccions de conformitat amb el que prescriu la ITC-24.

### Recordeu

Quan es parla d'MBT (molt baixa tensió) es parla d'una tensió igual o inferior a 50 V en corrent altern, o 75 V en corrent continu. Si s'especifica que és de seguretat (MBTS) vol dir que, a més a més, les masses **no** estan connectades a terra (PE) o a un conductor de protecció (CP). Si s'especifica que és de protecció (MBTP), vol dir que les masses **sí** es troben connectades a terra (PE) o a un conductor de protecció (CP). Quan es parla de molt

baixa tensió funcional (MBTF), la instal·lació amb molt baixa tensió no està assegurada i, per aquesta raó, cal posar els tres sistemes que garanteixen la seguretat de la instal·lació.

Les **tensions especials**, tal com s'ha assenyalat, són les tensions més altes que les usuals i superiors a 500 V en corrent altern i a 750 V en corrent continu (230 V).





## 1.2 Simbologia específica

Per al tècnic en instal·lacions electrotècniques és fonamental el coneixement dels símbols amb què es referencien als aparells i sistemes que intervenen en la instal·lació. I el cas de les instal·lacions a molt baixa tensió i especials no és cap excepció.





Les fonts d'alimentació per a les instal·lacions de molt baixa tensió han de complir una normativa molt estricta, en especial, en els casos de les fonts d'alimentació de MBTP i MBTS. La seguretat de les instal·lacions a MBTP i MBTS depèn d'un bon aïllament i el funcionament de la font d'alimentació, de forma que no pugui haver tensions superiors a 50 V en el cas del corrent altern, i 75 V en el del continu.

Els símbols són l'única mitja que permet indicar als usuaris si un aparell com una font d'alimentació compleix la normativa. Els símbols que apareixen en aquest aparell o font d'alimentació són impresos pel fabricant el qual es guia en la utilització que en fa per tot allò que prescriu la UNE-EN 60.472-1996 que és la normativa vigent. La taula 1.1 recull els símbols de caire general, com ara els de tensió i freqüència entre d'altres, els quals informen de les tensions de funcionament, corrents d'entrada, sortida, potències...

TAULA 1.1. Símbols generals



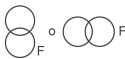



Símbol	Significat
V	Volts
A (o mA)	Amperes (o mil·liamperes)
VA (o W)	Potència en VA (o en Watts)
Hz	Hz del corrent altern
PRI	Primari o entrada de l'energia
SEC	Secundari o sortida de l'energia
	per a corrent continu
	per corrents monofàsics
3 	per corrents trifàsics sense neutre
3/N 	per corrents trifàsics amb neutre
.....	

TAULA 1.1 (continuació)

Símbol	Significat
$\cos \varphi$	factor de potència
	Indica que es un receptor de classe II
	per curtcircuits fusibles (cal afegir el símbol de la característica temps-corrent)
$t_a$	temperatura ambient màxima assignada
	Born connectat al xassís
	Terra de protecció

Els símbols de la taula 1.2, en canvi, són aquells que s'encarreguen d'assenyalar si la font d'alimentació té un transformador separador d'aïllament o un sistema equivalent, i si pot ser utilitzat com a font d'alimentació per a MBTP o MBTS.

TAULA 1.2. Símbols transformadors separadors

Símbol	Significat
	per a transformadors separadors de circuits
	per a transformadors separadors de seguretat
	per a transformadors no perillosos en cas de fallada
	per a transformadors no resistent al curtcircuit
	per a transformadors resistent als curtcircuits (per fabricació o per dispositiu incorporat)
	combinació de símbols. Transformador de seguretat, separador de circuits i resistent als curtcircuits

Podeu comprovar que a la figura 1.1 hi ha el símbol del transformador d'aïllament, això fa que aquesta font d'alimentació pugui ser utilitzada com font d'alimentació de MBTS. Si no tingués aquest símbol no pot fer de font d'alimentació per a MBTS o per a MBTP encara que tingui altres símbols com per exemple el doble aïllament.

### Normalització d'elements elèctrics

Els transformadors i les fonts d'alimentació es poden, normalment, utilitzar a qualsevol país. Però encara que s'ha fet un gran esforç per normalitzar a escala internacional tots els elements elèctrics, és encara impossible que a qualsevol país funcioni tot exactament igual que a un altre.

Tradicionalment cada país tenia el seu institut o entitat encarregada de certificar que els productes i els components de les instal·lacions elèctriques eren segurs i complien els requeriments que la normativa imposava. Aquestes entitats certificadores després de comprovar la font d'alimentació li posa el segell, aquest segell era necessari per ser utilitzat en aquest país.

En la Unió Europea (CE) les normatives ja estan armonitzades o en vies d'armonització, i hauria de bastar la certificació de qualsevol país per garantir que compleix la normativa europea. No hi cap problema per a utilitzar a Espanya una font d'alimentació feta segons les normatives i certificacions de la VDE, la federació de la indústria electrotècnica alemanya, d'igual manera un producte amb la *N* d'AENOR es pot utilitzar perfectament a Alemanya. I com es evident tots dos aparells durant a més la marca CE.




### Diferència entre el sagell i la marca CE

La principal diferència entre el segell (GS, VDE, AENOR...) i la marca CE és que en el segell, el compliment dels requisits de seguretat europea ha estat comprovat i examinat per una entitat acreditada per l'Estat, però independent. La marca CE, en canvi, s'atorga en raó de la signatura d'una declaració per part del fabricant que el producte compleix les normes, una declaració que, però, no es comprovat per ningú que realment compleix amb les normes.

Les directives europees tendeixen a unificar les normes i certificats. Però hi ha excepcions que difícilment poden ser unificades. A Finlàndia o a Suècia, per exemple, la climatologia del país fa que moltes normatives i certificats siguin força diferents, una raó per la qual aquests països necessitarà encara la certificació del seu institut.












La taula 1.3 mostra els símbols que fan servir les entitats certificadores de diferents països.

TAULA 1.3. Símbols entitats certificadores de diferents països



Símbol	País
	VDE Federació indústria electrotècnica alemanya
	AENOR (Espanya)
	Bèlgica
.....	

Una altra peculiaritat, per exemple, a Estats Units es que es diferencia entre els aparells solts i els que formen part de la instal·lació.

TAULA 1.3 (continuació)

Símbol	País
	Canadà
	Dinamarca
	Estats Units (aparells solts)
	Estats Units (instal·lacions)
	Finlàndia
	Holanda
	Regne Unit
	Itàlia
	Japó
	Suïssa
	Suècia

TAULA 1.3 (continuació)

Símbol	País
	Seguretat comprovada. Instituts Alemanys
	Comissió de les Nacions Unides per a Europa, el número indica el país d'aprovació 1 Alemanya, 2 França,...

### 1.2.1 Marcatge CE

Per promoure un mercat únic en el si de l'àrea econòmica europea, els estats membres de la Unió Europea estan obligats a fer que la seva legislació nacional estigui d'acord amb les **directives europees**, amb la qual cosa es garanteix la circulació lliure de productes en l'interior del mercat comú europeu i s'aconsegueix millorar el nivell de seguretat de les persones. Els productes que no compleixin les directives europees no es poden subministrar a l'interior dels països que la conformen.

Les directives més importats que ens afecten com a tècnics en electricitat són la Directiva europea de baixa tensió i la Directiva europea de compatibilitat electromagnètica (CEM).

L'objectiu de complir les directives europees s'aconsegueix mitjançant el **marcatge CE** i l'elaboració d'una **normativa harmonitzada**, és a dir, una normativa en el si de tots el països membres que sigui conforme amb les directives europees.

El **marcatge CE** és un logotip, creat per la Comunitat Europea, que s'aplica a un producte i dóna lloc a una presumpció de conformitat d'aquest respecte als procediments d'avaluació i als requisits establerts per la legislació comunitària que hi és aplicable. Els requisits essencials fan referència a aspectes de seguretat, salut, defensa del medi ambient i qualsevol altre d'interès col·lectiu.

El marcatge CE estableix que els productes inclosos en les directives només es poden comercialitzar si no posen en perill la salut o la seguretat de les persones, animals o béns. Això significa que no es poden comercialitzar productes que no compleixin els requisits que estableixen les directives.

El marcatge CE és una declaració CE de conformitat que fan els fabricats i els importadors dels productes que normalment es lliuren al client.

En la majoria de les directives s'especifica el contingut de la declaració CE de conformitat, encara que no proporcionen un model concret i el contingut pot variar. Les dades principals que s'hi han d'incloure són:

El marcatge CE **no** és una marca de qualitat **ni** és una certificació.

- Nom i adreça del fabricant o del seu representant establert a la Comunitat. És a dir, la raó social, l'adreça completa, i en cas de ser el mandatari se n'ha d'indicar igualment la raó social i l'adreça completa.
- Descripció del producte, marca, tipus, número de sèrie, any de fabricació.
- Disposicions que afecten el producte (directives i, si escau, normes tècniques).
- Identificació del signatari o firmant de la declaració (persona física) i signatura.

La declaració CE de conformitat s'ha de redactar en l'idioma oficial o idiomes oficials del país on el producte pot ser distribuït i utilitzat.

La figura 1.1 recull els passos a seguir a fi de culminar amb èxit el procés de marcatge CE, que durà a la incorporació del logotip i a identificar el producte i/o l'embalatge, un cop feta la declaració de conformitat

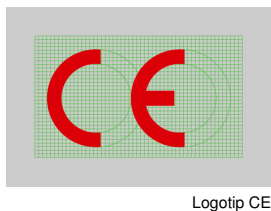
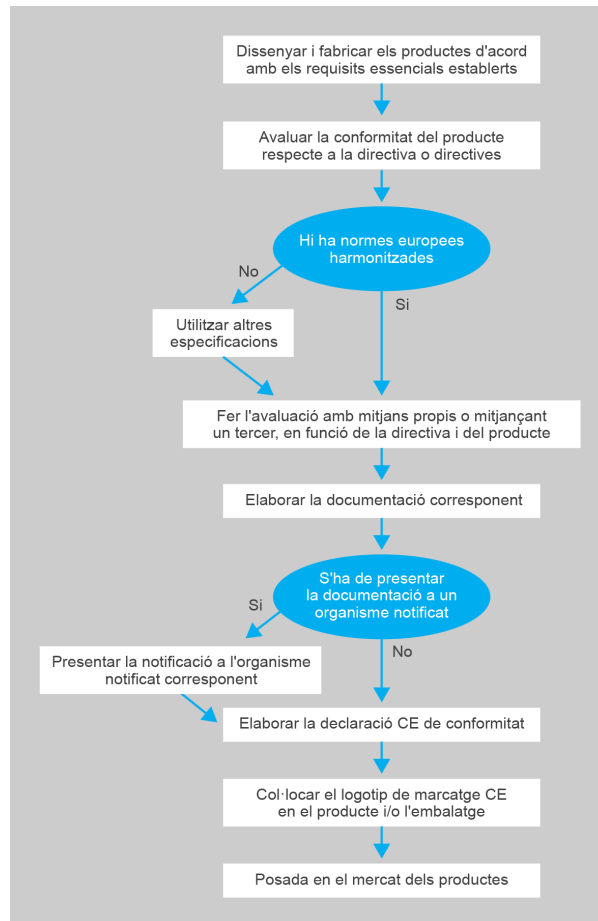


FIGURA 1.1. Procés de marcatge CE



**La clàusula de salvaguarda**

No és necessari que una tercera entitat certifiqui el producte abans de posar-lo en el mercat. En tot cas s'actua després de la comercialització, i si es detecta algun perill en un producte els estats membres poden fer ús de la **clàusula de salvaguarda**.

La **clàusula de salvaguarda** constitueix un procediment comunitari. Quan es detecta un producte que porta el marcatge CE i el seu ús pot comportar un perill per a la seguretat o



protecció de les persones, animals o béns, aquesta clàusula obliga els estats membres a adoptar les mesures necessàries per:

- Retirar el producte del mercat
- Prohibir la comercialització del producte
- Restringir la circulació del producte

La **clàusula de salvaguarda** és un recurs que **pot invalidar** la presumpció de **conformitat** dels productes que haurien de complir els requisits essencials de les directives a les quals estan subjectes.

Tot estat membre que recorre a aquesta clàusula de salvaguarda ha d'informar immediatament la Comissió Europea perquè es pugui aplicar, només si està plenament justificada, a tot el territori comunitari. L'ús d'aquesta clàusula es justifica bàsicament pel següent:

- L'incompliment dels requisits essencials
- L'aplicació no correcta de les normes tècniques
- La inexistència de normes tècniques

Una conseqüència de la clàusula de salvaguarda és que qualsevol producte que porti el marcatge CE i no sigui conforme amb els requisits essencials, o bé faci una aplicació indeguda de les normes tècniques, comportarà que es procedeix a imposar sancions als fabricants, importadors o responsables de la comercialització del producte en qüestió, d'acord amb les legislacions nacionals.

Tanmateix, la Comissió i els estats membres han de tenir en compte els drets dels fabricants si es demostra que les autoritats públiques han abusat de les seves potestats en aplicar la clàusula de salvaguarda.

La **certificació** és el procediment mitjançant el qual un tercer garanteix per escrit que un producte, procés o servei compleix els requeriments establerts.

A més del marcatge CE, el segell d'una empresa certificadora assegura que una tercera entitat que no és el fabricant o l'importador garanteix que el producte compleix les normatives abans de sortir al mercat. En la taula 1.4 es resumeixen les diferències entre el marcatge CE i el procés de certificació.

**TAULA 1.4.** Diferències CE-certificat

CE	Certificat
Obligatòria	Voluntari
Compleix només les directives UE	Compleix totes les normes EN encara que només siguin "aconsellables"
Seguretat	Seguretat més qualitat en l'ús
Fabricant o importador	Organisme neutral reconegut
<i>A posteriori</i> pels estats membres, si hi ha perill (clàusula de salvaguarda)	Continuament per l'organisme neutral

### 1.3 Fonts d'alimentació

L'energia elèctrica té una gran facilitat per ser regulada, és a dir, es pot fer que el corrent elèctric (expressat en amperes) i la tensió (expressada en volts) variïn depenent de l'ús que es vulgui fer de l'energia elèctrica.

Per raons de seguretat, per exemple, ens pot interessar fer servir una tensió molt baixa. Una tensió molt baixa com la dels 12 V que utilitzen els vehicles no és tan perillosa per a les persones com una tensió usual de 230 V. Però l'energia elèctrica conduïda a tensions tan baixes necessita cables molt gruixuts, cosa que resulta evident si compareu els cables que fan servir les bateries de qualsevol vehicle amb els cables d'una instal·lació convencional a 230 V (figura 1.2).

**FIGURA 1.2.** Font d'alimentació interior 230 V - 2,4 V



Es tracta d'una típica font d'alimentació, l'energia elèctrica entra pel primari a 230 V i 40 mA altern (50 Hz) i la transforma en continu a 2,4 V i 1 A.

Per poder passar de la tensió habitual de 230 V a una de molt baixa cal una font d'alimentació, que és l'encarregada de fer passar els 230 V a tensions inferiors com ara 50 V, 12 V o 5 V.

Les instal·lacions a molt baixa tensió necessiten una **font d'alimentació**, que està constituïda principalment per convertidors de tensió com poden ser transformadors clàssics, o bé mitjans purament electrònics, o una combinació de tots dos.

Des del punt de vista de la instal·lació elèctrica, no importa tant la constitució interna de la font d'alimentació com la seguretat que aquesta ens pot donar.

#### **La seguretat que una font d'alimentació**

La seguretat que una font d'alimentació pot oferir és una cosa que ha d'estar garantida, ja que en molts casos en depèn la vida de les persones. Perquè una font d'alimentació es

pugui utilitzar en una instal·lació elèctrica, ha de complir el que indica el Reglament de baixa tensió (REBT). Així doncs, no serveix qualsevol font d'alimentació sinó que ha de complir certs requisits, per exemple, ha de tenir doble aïllament, un transformador de seguretat o sistema equivalent, o ha de poder anar a l'exterior (IP44), requisits tots que la font ha de dur impresos en la carcassa.

La figura 1.1 presentava alguns d'aquests símbols com, per exemple, el doble quadrat (doble aïllament), la S (verificació sueca) o els anells que es creuen (transformador de seguretat, separador de circuits amb protecció de curtcircuits) i també el marcatge de la CE.

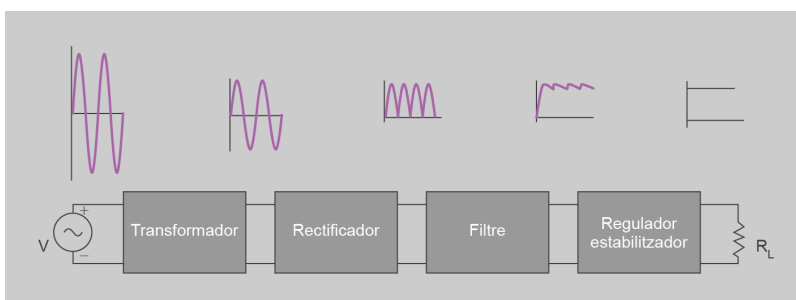
Per a nosaltres la font d'alimentació és una caixa en la qual entra una tensió usual, per exemple, 230 V, i en surt una tensió reduïda. El fabricant de la font és qui, mitjançant els segells impresos en el producte que fabrica, garanteix que, a més d'estar protegida contra xocs elèctrics, en la font no hi poden haver, de cap manera, tensions superiors a la sortida.

L'únic requisit que han de complir les fonts d'alimentació de circuits a molt baixa tensió funcional (MBTF) és donar les tensions i corrents adequats per al funcionament. D'altra banda, la seguretat d'aquest circuit no és suficient en el cas de la tensió molt baixa, de manera que cal posar-hi el mateixos sistemes de seguretat que s'emprarien en una instal·lació de 230 V.

### 1.3.1 Funcionament de les fonts d'alimentació

Per entendre millor el funcionament de les fonts d'alimentació i així poder aplicar aquests coneixements a trobar possibles avaries en les instal·lacions electrotècniques, cal veure l'esquema de funcionament d'una font d'alimentació com el que mostra la figura 1.3.

FIGURA 1.3. Esquema de font d'alimentació



Quan entra en la font d'alimentació, on primer arriba el corrent és al transformador, el qual canvia la relació de tensions i el corrent tot mantenint la potència constant, tret de les pèrdues d'energia que pot tenir i que no són gaire grans. L'energia entra pel bobinatge primari *pri* i surt pel secundari *sec*. Així doncs, l'equació fonamental del transformador serà:

$$P = V_{pri}I_{pri} = V_{sec}I_{sec}$$

**Exemple: càlcul del corrent i la potència d'un transformador**

Si un transformador d'entre 230 V i 12 V té una sortida de 2 A, quin corrent té a l'entrada?  
Quina potència té el transformador?

Primer heu de calcular el corrent d'entrada:

$$V_{pri}I_{pri} = V_{sec}I_{sec}$$

On heu d'aïllar el corrent d'entrada (primari) i substituint-lo tindreu:

$$I_{pri} = \frac{V_{sec}I_{sec}}{V_{pri}} = \frac{12 \times 2}{230} = 0,104A$$

Ara toca calcular la potència del transformador:

$$P = V_{pri}I_{pri} = V_{sec}I_{sec} = 230 \times 0,104 = 12 \times 2 = 24W$$

En el cas d'un transformador ideal, la potència a l'entrada i a la sortida és la mateixa, però els transformadors tenen unes pèrdues d'energia degudes a l'escalfament, les quals fan que la potència d'entrada sigui un mica més gran que la potència de sortida.

**Pèrdua i consum d'energia i mesures d'estalvi**

L'escalfament o pèrdua d'energia també té un consum d'energia que si bé no és elevat pot arribar a ser gran si està connectat les 24 hores del dia durant 365 dies l'any.

Les pèrdues d'energia que pateix un transformador es poden expressar matemàticament d'aquesta manera:

$$P_{total consumida} = V_{pri}I_{pri} = P_{prdues} + V_{sec}I_{sec}$$

Si el transformador no dóna cap tipus de corrent al secundari perquè l'aparell que alimenta està desconnectat, el transformador només té pèrdues:

$$P_{total consumida} = 0 + P_{prdues}$$

Si un transformador i, en general, una font d'alimentació no s'ha d'utilitzar durant molt temps és convenient desconnectar-lo perquè no faci un consum inútil.

La **tensió** i el **corrent** que dóna una font d'alimentació perquè els diferents parells puguin funcionar han de tenir un **valor constant**, i sobretot la tensió, perquè el funcionament de l'aparell sigui bo. Realment, les fonts d'alimentació no sempre donen la mateixa tensió de sortida, i quan la càrrega, el corrent, és elevat, baixen la tensió.

La **regulació** d'una font d'alimentació és la capacitat o l'aptitud per mantenir constant la sortida en condicions de càrrega variable.

Quan les fonts d'alimentació han d'alimentar una càrrega, tendeixen a disminuir el valor de la tensió de sortida. La regulació de la tensió es pot comprovar amb dos mesuraments i un senzill càlcul posterior. La fórmula per calcular el percentatge de regulació de la tensió és:

$$\text{Regulació } \% = \frac{\Delta V}{V_{pc}} \times 100$$

Per exemple, amb un voltímetre amb la posició de tensions contínues podeu comprovar que una font d'alimentació té una sortida de 14 quan la càrrega es



Un altre aspecte de les fonts d'alimentació que cal tenir en compte és el **rendiment**, ja que, com que són elements que acostumen a estar en funcionament les vint-i-quatre hores del dia, el consum elèctric al llarg de l'any pot arribar a ser molt elevat.

Segons la tecnologia electrònica que s'empra en la fabricació, el rendiment de les fonts d'alimentació és més elevat o menys. Per exemple, la tecnologia més antiga i econòmica, la de les fonts d'alimentació anomenades **lineals** té un rendiment baix, ja que dissipa molta calor i d'aquesta manera es perd la major part de l'energia. En canvi, les fonts d'alimentació commutades, fabricades amb una tecnologia més recent, s'escalfen molt menys i tenen un rendiment força més elevat i, en molts casos, superior al 80%.

---

Si una norma és del tipus UNE-EN 60.702, vol dir que la norma és estatal (UNRE) i europea (EN) i té el número 60.702.

---

### 1.3.2 Fonts d'alimentació per MBTP i MBTS

Les fonts d'alimentació per a instal·lacions de molt baixa tensió de protecció (MBTP) o de seguretat (MBTS) necessiten tenir un element que faci impossible que les parts de tensió usuals (230 V) i les molt baixes tensions puguin entrar en contacte. D'aquesta manera, segons el reglament poden incorporar un dels dispositius següents per evitar-ho:

- Un transformador d'aïllament de seguretat fabricat d'acord amb les normes estatal i europea UNE-EN 60.702.
- Una font de corrent elèctric com, per exemple, un generador elèctric, tot i que el grau de protecció ha de ser equivalent al d'un transformador de seguretat.
- Una font de corrent electroquímic (pila o acumulador), però que no tingui circuits a tensió elevada i, si els hi té, també han d'estar aïllats degudament.
- Grups electrògens que també tinguin un grau de protecció equivalent al d'un transformador de seguretat.
- Dispositius electrònics. Aquests dispositius electrònics han de garantir que, en cas de produir-se una avaria, els valors de sortida no superaran en cap cas la molt baixa tensió.

La manera de saber si es compleixen tots aquests requisits és fixar-se que en la font aparegui el símbol del transformador d'aïllament com el que apareix a sota de la temperatura en el costat dret de la figura [1.5](#).

**FIGURA 1.5.** Font d'alimentació MBTS exterior amb els símbols que la identifiquen.



## 1.4 Instal·lacions a molt baixa tensió (ITC-BT-36)

El Reglament electrotècnic per a baixa tensió (REBT) també regula aquest tipus d'instal·lacions a tensions més baixes que les habituals, i, de fet, la ITC-BT-36 tracta específicament de les instal·lacions a molt baixa tensió.

### La ITC-BT-36

Aquesta instrucció tècnica complementària del REBT defineix les baixes tensions com les tensions que són inferiors a 50 V (valor eficaç) en corrents alterns, i a 75 V en corrents continus.

El valor eficaç és el valor quadràtic mitjà d'un corrent si aquest és sinusoidal.

$$I_{ef} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

A més dels petits electrodomèstics, que normalment porten una font d'alimentació per al seu propi funcionament, hi ha instal·lacions fixes als edificis que tenen un funcionament a molt baixa tensió.

Als edificis, els usos més freqüents de l'MBT per **motius funcionals** es fan en les instal·lacions següents:

- Instal·lacions d'alarma i protecció contra incendis (detectors)
- Instal·lació de seguretat contra robatori
- Instal·lació de telecomunicacions (ethernet, telèfon)
- Instal·lació del porter electrònic o intercomunicació
- Instal·lació de senyalitzadors, trucades, rellotges
- Instal·lació de circuits d'antenes de televisió i ràdio

De tots aquests usos, el més freqüent per raons de seguretat als edificis d'habitatges és la instal·lació de preses de corrent per a aparells en el volum 1 del bany (escalfadors d'aigua, bombes de dutxa, equipament elèctric de banyeres d'hidromassatge, etc.).

En la secció "Annexos" del web d'aquest mòdul, podeu consultar la ITC-BT-36 completa.

En els comerços i les indústries, els sistemes de tracció elèctrics (transpalets i elevadors elèctrics) i la soldadura amb arc elèctric són els que fan un ús més freqüent de l'MBT i la utilitzen tant per motius de funcionament com per raons de seguretat.

Els circuits d'MBT també requereixen condicions de protecció per utilitzar-los. Cal protegir-los, per exemple, contra les sobreintensitats (curtcircuits) a fi d'evitar el deteriorament i les avaries greus. En alguns casos les fonts d'alimentació permeten els curtcircuits i incorporen un sistema d'autocontrol que, tan bon punt detecten un excés de corrent, fan que elles mateixes tallin el subministrament del corrent elèctric.

### 1.4.1 Aspectes generals de les instal·lacions a molt baixa tensió (cablatge)

En instal·lacions a molt baixa tensió us heu d'assegurar que en cap moment, ni en cas d'avaria ni tampoc en cas d'error humà, hi pot haver tensions superiors a la molt baixa tensió. La figura 1.6 mostra un esquema d'una instal·lació a baixa tensió.

FIGURA 1.6. Diagrama d'instal·lacions a molt baixa tensió



Les tensions d'ús habitual arriben fins a la font d'alimentació, la qual converteix aquesta tensió en molt baixa, i després un cablatge a molt baixa tensió arriba fins al receptor o l'aparell que consumeix energia elèctrica a molt baixa tensió.

Un cas que podem posar a tall d'exemple és la instal·lació d'una font d'alimentació en el volum 3 d'un bany i els equips a molt baixa tensió a prop o fins i tot dins de la dutxa, la banyera d'hidromassatge, etc.

#### Els tres volums de les cambres de bany

Segons el REBT, el **volum 0** correspon a l'espai de la banyera o de la dutxa on no es permet cap instal·lació, llevat d'equips homologats específicament, com les banyeres d'hidromassatge.

D'aquí cap amunt, fins a una altura de 2,25 m, s'estableix el **volum 1**. En aquest volum no hi pot haver cap dispositiu elèctric, excepte si es tracta d'interruptors de molt baixa tensió (12 V en corrent altern, o 30 V en corrent continu), però no poden tenir la font d'alimentació en aquesta àrea.

El **volum 2**, que inclou un perímetre de 60 cm al voltant de la banyera o el plat de la dutxa i arriba fins a una altura de 2,25 m, admet la col·locació de bases de carregadors de petits electrodomèstics (màquines d'afaitar, depiladores, raspalls elèctrics, etc.). En aquest volum ja es poden instal·lar elements com llums o calefactores, i la instal·lació on es connectin aquests equips ha de disposar de la protecció d'un diferencial no superior a 30 mA.



Finalment, en el **volum 3**, que comprèn la resta de la cambra de bany, es poden instal·lar bases d'endolls, sempre que també es protegeixin amb un diferencial de les mateixes característiques que en el volum 2 (30 mA).

Totes les instal·lacions de la cambra de bany han de tenir connexió a terra i cal evitar l'ús de portalàmpades metàl·lics o, en general, de qualsevol mecanisme sensible a la humitat.

En cas que no hi hagi la possibilitat material de disposar d'una connexió a terra, cal fer les instal·lacions protegint-les amb un transformador d'aïllament o utilitzar mecanismes d'MBTS, els quals s'alimenten per mitjà d'un corrent de molt poc voltatge.

Els sistemes d'MBTS no basen la seva seguretat en la connexió a terra o al conductor de protecció de les seves masses, sinó en la poca de tensió de sortida d'una font d'alimentació que no té referida la seva tensió a terra. Així podeu posar una font d'alimentació de 12 V en corrent altern o 30 V en continu, que alimenti la banyera d'hidromassatge. Aquesta font d'alimentació ha de tenir el segell de transformador d'aïllament per poder ser utilitzada en aquest tipus d'aplicació o, el que és el mateix, perquè sigui considerada MBTS no us serveix qualsevol tipus de font "econòmica" d'alimentació que us doni els 12 V en corrent altern o 30 V en continu.

### 1.4.2 Condicions d'instal·lació dels circuits

Diversos circuits es poden trobar al mateix tub o al mateix compartiment de canal si tots els conductors estan aïllats per a la tensió assignada més elevada.

No s'han d'instal·lar **circuits de potència** i circuits de molt baixa tensió de seguretat (MBTS o MBTP) en les mateixes canalitzacions, llevat que cada cable estigui aïllat per a la tensió més alta present.

Les instal·lacions poden ser de tipus molt diversos –sota tub, canal o amb un cable amb diversos conductors– però en qualsevol tipus d'instal·lació cal tenir l'aïllament de la tensió més alta que hi hagi a la canalització. Vegeu alguns casos possibles:

- En el cas d'un cable amb diversos conductors, aquests han d'estar aïllats per a la tensió més alta present al cable.
- En el cas que els conductors estiguin aïllats per la seva tensió i instal·lats en un compartiment separat d'un conducte d'una canal, la separació de protecció de la canal ha de garantir el nivell d'aïllament requerit per a la tensió més elevada.

La separació de protecció entre els conductors de cada circuit MBTS i MBTP, i els de qualsevol altre circuit, inclosos els d'MBTF, ha d'estar feta per a una de les disposicions següents:

---

Una beina és un tub que embolcalla totalment els cables.

---

- Separació física dels conductors.
- Els conductors dels circuits de molt baixa tensió MBTS i MBTP han d'estar proveïts, a més de l'aïllant principal, d'una coberta no metàl·lica.
- Els conductors dels circuits a tensions diferents han d'estar separats entre ells per una pantalla metàl·lica connectada a terra o per una beina metàl·lica connectada a terra.
- Un cable multiconductor o un agrupament de conductors poden contenir circuits a tensions diferents, sempre que els conductors dels circuits MBTS i MBTP estiguin aïllats, individualment o col·lectivament, per a la tensió més alta que han de suportar.

A tots els efectes, sempre cal considerar un circuit d'MBTF com a circuit de tensió diferent, perquè la font d'alimentació no garanteix que accidentalment no es puguin donar tensions superiors.

#### Els colors del cables en MBT

A les instal·lacions d'MBTP i MBTS no cal seguir les prescripcions que fixa la instrucció ITC-BT-19 per identificar els conductors. O, dit d'una altra manera, no cal que les fases siguin de color negre i el neutre blau, sinó que poden ser d'altres colors i, de fet, és recomanable que siguin d'altres colors per poder-los identificar dins de la instal·lació.

Quan les instal·lacions a MBTP i MBTS vagin soterrades, cal situar-les entre dues capes de sorra o de terra fina crivellada, d'entre 10 cm i 15 cm de gruix.

Quan els cables no tinguin una resistència mecànica suficient, s'han de col·locar a l'interior de conductes que els protegeixin de manera convenient.

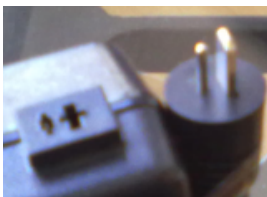
#### Compte!

Un dels problemes de les instal·lacions a molt baixa tensió és que la **caiguda de tensió** dels cables és molt elevada. Per exemple, entre les fonts d'alimentació i els punts d'utilització, la caiguda de tensió pot arribar a ser de fins a un 5%, encara que sigui una instal·lació d'enllumenat.

Tot això fa necessari l'ús de cables molt gruixuts encara que la potència no sigui gaire alta.

Les prescripcions que, d'acord amb el Reglament, han de complir les **les preses de corrent** dels circuits MBTP i MBTS són aquestes:

- Els connectors no han de poder entrar a les bases de presa de corrent alimentades per altres tensions.
- Les bases han d'impedir la introducció de connectors concebuts per a altres tensions.
- Les bases d'endolls dels circuits no han de portar contacte de terra o protecció, les dels circuits d'MBTP, en canvi, sí que en poden portar.
- Els connectors dels circuits d'MBTS no han de poder entrar en les bases d'endoll d'MBTP.
- Els connectors dels circuits d'MBTP no han de poder entrar en les bases d'endoll d'MBTS.



Exemple d'una base de circuit MBT

### 1.4.3 Requisits particulars per a les instal·lacions a MBTS

El tret característic de les instal·lacions a molt baixa tensió de seguretat (MBTS) és que les masses no s'han de connectar intencionadament ni a terra ni a cap conductor de protecció.

Això vol dir que la tensió de la font d'alimentació no està referida a terra. A les instal·lacions amb tensions usuals, el sistema de protecció es basa en el fet que el valor de resistència de terra ha de ser tal que qualsevol massa no us pugui donar tensions de contacte superiors a 24 V en un local conductor i 50 V en la resta de casos (ITC-BT-18).

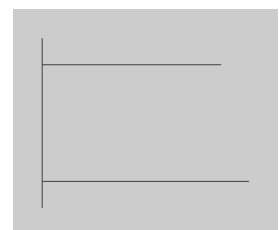
En el cas de les MBTS no es pren el terra com a referència, és a dir, no hi ha un potencial entre la massa i el terra perquè cada un pertany a circuits diferents. En aquest cas el perill, la diferència de potencial, es dona entre els dos conductors que formen el circuit elèctric. El xoc elèctric en MBTS provindrà del contacte entre les dues parts actives. Per tant, la protecció no pot ser la que ofereix un interruptor diferencial, perquè en no haver-hi un potencial respecte de terra, i en no poder el corrent escapar-se per terra de manera que no hi hagi corrents de defecte, el diferencial no es pot disparar mai.

Les instal·lacions o el tram d'instal·lacions que estan alimentades amb una font d'alimentació que garanteix que té les característiques d'MBTS i amb una tensió per sota dels 25 V en altern i 60 V en continu, no cal que tinguin un altre tipus de protecció contra els xocs elèctrics, tret que influències externes molt especials puguin fer que una tensió de 25 V sigui perillosa, com pot esdevenir en locals molls o amb risc d'explosió, per esmentar només uns exemples.

Quan la tensió nominal del circuit de molt baixa tensió sigui superior a 25 V en corrent altern i 60 V en corrent continu sense ondulació, la protecció contra contactes directes s'ha de garantir mitjançant un dels mètodes següents:

- Barreres o embolcalls que tinguin com a mínim un grau de protecció IP2X o IPXXB segons l'UNE 20324.
- Un aïllament que pugui suportar una tensió de 500 V durant 1 minut.

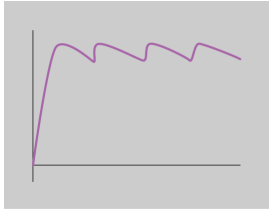
El corrent continu es considera que és **sense ondulació** quan el percentatge d'ondulació no supera el 10% del valor eficaç.



Sense ondulació

### Arrissament

Segons el Termcat, "arrissament" significa "l'ondulació residual de baixa freqüència que queda en un corrent rectificat, fins i tot després de filtrat".



Amb ondulació

Els filtres de les fonts d'alimentació redueixen l'arrissament a un nivell baix. L'eficàcia real d'un filtre es pot comprovar mesurant-lo i amb un senzill càlcul posterior.

### Calcular l'arrissament

La fórmula per poder calcular el percentatge d'arrissament és:

$$\text{arrissament}\% = \frac{ca}{cc} \times 100$$

Per exemple, suposeu que mesureu l'arrissament que queda després del filtratge i que resulta ser d'1 V per a una font d'alimentació de 20 V<sub>cc</sub>. Aleshores

$$\text{arrissament}\% = \frac{ca}{cc} \times 100 = \frac{1}{20} \times 100 = 50\%$$

L'**arrissament** el podeu mesurar amb un **oscil·loscopi** o un **voltímetre**. Amb l'oscil·loscopi podeu veure i mesurar el valor entre les crestes de l'arrissament en corrent altern.

Amb el voltímetre, en canvi, podeu mesurar les tensions contínues i alternes. Amb els resultats d'aquests mesuraments podeu obtenir els dos valors de la fórmula i d'aquesta manera el percentatge de l'arrissament. De tota manera, el voltímetre us indicarà un valor aproximat del component altern, el qual no serà exacte perquè l'ona d'arrissament no és sinusoidal.

En un filtre capacitiu senzill, d'una font d'alimentació normal, l'arrissament és similar a una ona en forma de dent de serra; això produeix un error a la majoria dels voltímetres, perquè els voltímetres normals només mesuren els valors eficaços d'ones sinusoidals pures. En el mercat hi ha voltímetres que permeten mesurar valors eficaços de corrents alterns no sinusoidals, els quals reben normalment el nom en anglès de *true RMS*, és a dir, *valor eficaç real*. Aquests voltímetres acostumen a tenir un preu molt més elevat que els normals que no són *true RMS*.

Els voltímetres més senzills i econòmics per mesurar els corrents o tensions alterns tenen un condensador d'acoblament amb una impedància molt baixa per als 50 Hz, així que el component altern passa el condensador i el corrent continu no. Els més sofisticats no tenen cap tipus de filtre físic, agafen el corrent o la tensió sense filtratge i l'analitzen en temps real mitjançant sofisticats i ràpids algoritmes que ens donen el valor eficaç del component d'altern encara que l'ona no sigui sinusoidal.

RMS són les sigles de *root mean square*, és a dir, *valor quadràtic mitjà*, el qual, en el món de l'electricitat, rep el nom de **valor eficaç** d'un corrent altern. La fórmula matemàtica per a un conjunt de valors  $x_1, x_2, x_3$  és:

$$x_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}}$$

Perquè un voltímetre ens doni una lectura aproximada del valor RMS o, el que és el mateix, del valor eficaç de l'arrissament de l'ona cal fer molts mesuraments  $x_1, x_2, x_3$ , etc., elevar-les al quadrat, sumar-les, dividir-les entre la quantitat de mesures i després extreure l'arrel quadrada de tot.

El cas especial en què l'ona sigui perfectament sinusoidal i hi hagi hagut moltíssims mesuraments per obtenir un gran nombre de valors que permetin fer un càlcul molt ajustat, el resultat seria:

$$I_{ef} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

L'arriament únicament s'ha de mesurar quan la font d'alimentació està donant la màxima potència nominal; per un corrent de càrrega nul, encara que el filtre sigui molt dolent, redueix totalment l'arriament, però quan la potència lliurada augmenta, el rendiment del filtre baixa i, aleshores, l'arriament augmenta.

#### 1.4.4 Requisits particulars per a les tensions a MBTP

La protecció contra els contactes directes ha de quedar garantida mitjançant:

- Barreres o embolcalls que tinguin com a mínim un grau de protecció IP2X, o IPXXB segons l'UNE 20.324.
- Un aïllament que pugui suportar una tensió de 500 V durant 1 minut.

No es requereix protecció contra contactes directes en el cas dels equips situats a l'interior d'un edifici on les masses i els elements conductors, accessibles simultàniament, estiguin connectats a la mateixa connexió de terra, i si la tensió nominal no és superior a:

- 25 V eficaços en corrent altern, o 60 V en corrent continu sense ondulació, sempre que l'equip només es faci servir en emplaçaments secs, i no siguin previsibles contactes francs entre les parts actives i el cos humà o d'un animal.
- 6 V eficaços en corrent altern, o 15 V en corrent continu sense ondulació, en els altres casos.

Com que les masses de les instal·lacions a MBTP van connectades a terra, la tensió està referida a terra, el mateix terra a què ho està la part de la instal·lació sotmesa a la tensió usual de 230 V. Això afegeix molta seguretat al circuit, ja que no tan sols és un circuit més segur pel fet d'estar alimentat a baixa tensió, sinó que també té la protecció dels diferencials, de manera que en cas d'un mal funcionament de la font d'alimentació, aquesta està connectada a terra i produeix un corrent de defecte, el qual dispara l'interruptor diferencial.

---

Recordeu que en MBTP les masses dels aparells han d'anar connectades a terra o a un conductor de protecció.

---

En la secció "Annexos" del web d'aquest mòdul, podeu consultar la ITC-BT-37 completa.

## 1.5 Instal·lacions a tensions especials (ITC-BT-37)

En les prescripcions particulars, la ITC-BT-37 del Reglament electrotècnic per a baixa tensió (REBT) defineix les **tensions especials** d'aquesta manera:

"Les instal·lacions a tensions especials són aquelles en les quals la tensió nominal és **superior a 500 V** de valor eficaç en corrent altern, o 750 V de valor mitjà aritmètic en corrent continu."

Les instal·lacions a tensions especials són més perilloses que les instal·lacions a tensions usuals. La perillositat de les instal·lacions augmenta de manera directament proporcional amb el voltatge. Per aquesta raó, les instal·lacions amb tensions especials han de complir una sèrie de requisits especials perquè puguin ser tan segures com les instal·lacions a tensions usuals.

Els cables que es fan servir a les instal·lacions a tensions especials sempre han de ser d'una tensió nominal no inferior a 1.000 V. A més han de tenir una protecció mecànica suficient. En cas d'instal·lar aquests cables sobre suports aïllants, han de dur un embolcall que els protegeixi contra el deteriorament mecànic.

### 1.5.1 Exemples de cables per a tensions especials

#### RZ1-K 3G1,5

- Tensió de 0,6/1 kV. Els de tensions inferiors segueixen una altra nomenclatura, generalment H07 (700 V), H05 (500 V).
- R: aïllament de polietilè reticulat (XLPE).
- Z1: coberta de poliolefines amb baixa emissió de gasos corrosius i fums.
- -K: flexible per a instal·lacions fixes. Classe 5 segons l'UNE EN 60228.
- 3G1,5: tres conductors amb secció d'1,5 mm<sup>2</sup>, amb un dels conductors groc-verd; La lletra G és *ground* (terra)
- Aplicacions: aquest tipus de cable s'utilitza en instal·lacions a tensions especials, i a més ha de ser amb baixa emissió de fums com pot ser un local de concurrència pública.

#### RV-U 5G4

- R: aïllament de polietilè reticulat (XLPE)R.
- V: coberta de PVC.
- -U: classe 1, conductor rígid amb només un fil (conduccions fixes).
- 5G4: cinc conductors de 4 mm<sup>2</sup>, dels quals un és verd-groc
- Aplicacions: aquest és el tipus més senzill dels cables per utilitzar amb instal·lacions fixes on la protecció mecànica està assegurada amb el sistema d'instal·lació.

**RVFV**

- R: aïllament de polietilè reticulat (XLPE).
- V: cobertura interior de PVC.
- F: armadura amb fleix d'acer.
- V: coberta exterior de PVC.
- Aplicacions: normalment s'utilitza per al transport d'energia per a instal·lacions fixes, enllumenat públic, etc.; amb protecció per a esforços mecànics o animals rosegadors.

Les instal·lacions a tensions especials també han de tenir en compte l'emplaçament i complir amb els requisits que correspongui en raó del tipus d'emplaçament.

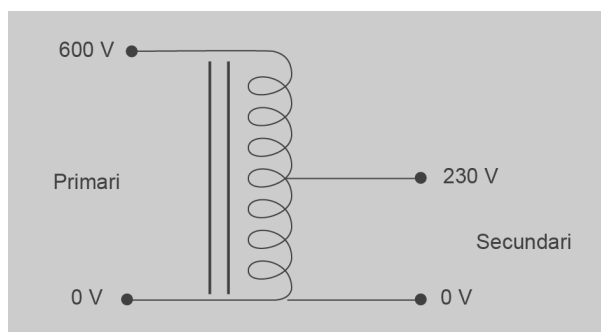
Pel que fa als **contactes indirectes** segons el REBT, a les instal·lacions amb tensions especials s'ha d'aplicar obligatòriament un dels sistemes de protecció per a contactes indirectes que prescriu la ITC-BT-24.

Pel que fa als **contactes directes**, la protecció es fa per mitjà d'aïllaments d'1kV, per als conductors i elements d'una instal·lació que portin aïllament. Els conductors nus, és a dir, sense aïllament, i que puguin estar sota tensió, només estan permesos en locals destinats únicament al servei elèctric i al qual només tindran accés personal qualificat, com per exemple un local destinat a un transformador. En qualsevol cas, els locals i les instal·lacions a tensions especials han de poder identificar-se fàcilment, sobretot quan a prop hi hagi altres canalitzacions a tensions usuals o petites tensions.

Hi ha un cas especial que és quan es fa servir un **autotransformador** per elevar les tensions des de les usuals a les especials. En aquest cas, les instal·lacions usuals a partir de les quals s'eleva la tensió per fer tensions especials han d'estar aïllades igual que les tensions especials.

En els autotransformadors, que s'utilitzen, per exemple, com a equips d'alimentació de làmpades de vapor de sodi o com a transformadors d'arrencada en motors trifàsics, el bobinatge es troba disposat en sèrie, com es pot comprovar en la figura 1.7.

**FIGURA 1.7.** Autotransformador



En l'**autotransformador**, el bobinatge d'entrada està unit elèctricament al bobinatge de sortida, per la qual cosa no hi ha separació galvànica respecte de la xarxa que fa d'alimentació.

Els **autotransformadors** no es poden utilitzar per produir baixes tensions de seguretat.

Els autotransformadors representen un estalvi en material, sobretot en coure, un metall que actualment té un preu força elevat. L'estalvi en coure del bobinatge que representa l'ús dels autotransformadors encara és més gran si la diferència entre les tensions d'entrada i de sortida és baixa. El rendiment d'un autotransformador arriba a ser del 99,8% quan les tensions només tenen una diferència del 10%. La tensió de curtcircuit sempre és molt petita, i la despesa en aïllament és la mateixa tant en el cas d'alta tensió com de baixa tensió.

## 1.6 Mesures i resolució de problemes en el muntatge d'instal·lacions a tensions no usuals

Els sistemes d'MBTF tenen com a funció reduir la tensió perquè funcionin els aparells que estan dissenyats per funcionar amb aquesta tensió. Les mesures a prendre en aquest tipus d'instal·lacions són sobretot les següents:

- El corrent (A) i la tensió (V) de sortida de la font d'alimentació han de ser els valors nominals dels aparells que hi voleu connectar.
- La potència (W) de la font ha de ser igual o superior a la del consum dels aparells connectats a aquesta.

El sistemes d'MBTP i MBTS tenen com a funció la protecció de les persones davant del risc de xoc elèctric mitjançant la separació de circuits i l'ús de baixes tensions.

Però una instal·lació a MBTP o MBTS pot semblar que funciona correctament perquè ens dóna la tensió correcta, però pot resultar perillosa perquè l'aïllament no és el correcte. Cal comprovar que és la correcta amb un aparell mesurador d'aïllament i, per ser-ho, ha de complir com a mínim els valors de la taula 1.5.

**TAULA 1.5.** Mesures d'aïllament

Tensió nominal de la instal·lació	Tensió d'assaig en corrent continu (V)	Resistència de l'aïllament (M $\Omega$ )
Molt baixa tensió (MBTS i MBTP)	250 V	$\geq 0,25$
Inferior o igual a 500 V (tensions usuals)	500 V	$\geq 0,5$
Superior a 500 V (tensions especials)	1.000 V	$\geq 1$

Com es desprèn de la taula 1.5, les mesures d'aïllament són diferents depenent de la tensió nominal de la instal·lació.



Per regla general, les avaries a molt baixes tensions es localitzen a l'element més important de la instal·lació: la font d'alimentació.

#### **Exemple d'avaría d'una instal·lació a molt baixa tensió**

Hi ha empreses que fabriquen transformadors de classe 2 que es fan servir en piscines, sense pantalla d'aïllament posada a terra, d'acord amb el que estableix la ITC-BT-43 sobre instal·lacions de receptors. Com a protecció disposen d'un aïllament suplementari proporcionat per l'embolcall aïllant que els recobreix.

Aquests transformadors alimenten focus (ulls de bou) o bombes submergides del sistema de neteja. Si el focus submergit no està hermèticament tancat, amb el pas del temps, l'aigua inunda l'interior. De moment, com que la làmpada funciona a 12 V AC no és perillós, però l'aigua provoca un curtcircuit als borns de la làmpada i el transformador es comença a escalfar fins a fondre l'aïllament entre el primari i el secundari i fa que la tensió del primari (230 V) passi al secundari, per tant, al focus inundat i, en conseqüència, a la piscina amb el risc que això representa per a qualsevol banyista.

A tall de conclusió, es pot dir que els transformadors de separació per a llocs molls poden ser de classe 1 o 2, però sempre cal tenir una pantalla metàl·lica d'aïllament entre el primari i el secundari, posats a terra, perquè si ha un corrent de defecte, l'interruptor diferencial es dispari.

### **1.6.1 Localització d'avaries**

La **localització d'avaries** és una de les pràctiques més importants que ha de dur a terme un tècnic d'instal·lacions electrotècniques. En el procés de detecció de les avaries intervenen els factors següents:

- Observació meticulosa dels símptomes
- Estudi de les causes possibles
- Limitació de possibilitats mitjançant proves i adopció de mesures

Una bona localització de les avaries és un **procés ordenat i sistemàtic** en què sempre cal tenir presents les seves tres fases: observar, estudiar i limitar.

Un sistema elèctric avariament sol presentar uns símptomes molt definits. Aquests símptomes tenen molta importància. Els tècnics competents procuren observar tots els símptomes abans d'avançar, i això requereix un coneixement ampli del sistema. Per identificar que és el que hi pot haver fora de la normalitat en el funcionament, cal saber perfectament quin és el funcionament normal.

Moltes vegades és necessari fer algun ajustament o comprovació per poder estar segurs que els símptomes han estat identificats realment. Un exemple molt senzill és el cas d'una bombeta que deixa de funcionar; quan això passa podeu canviar aquesta bombeta per una altra de la qual esteu segurs que funciona; si un cop canviada tampoc no funciona, és segur que el problema no és la bombeta i pot ser en el portabombetes, o en la instal·lació elèctrica o, en cas que funcioni a molt baixa tensió, en la font d'alimentació.

Una vegada identificats el símptomes, ve l'estudi de les possibles causes. Aquesta part del procés de les localitzacions de les avaries requereix el coneixement de l'esquema del sistema. Determinats símptomes estan lligats a determinats components de l'esquema. Fins i tot els tècnics més experts necessiten recórrer moltes vegades a esquemes segons la complexitat dels sistemes. Evidentment, com més experiència té el tècnic, més facilitat té per "imaginar" l'esquema i no necessita tenir-lo al davant. La pròpia experiència diu com funcionen les seccions principals del circuit i què passa quan una no funciona correctament. Per exemple, si en una instal·lació de so no funciona un dels altaveus, al tècnic, l'experiència li fa pensar que aquest símptoma el pot ocasionar o la font d'alimentació o la sortida d'àudio.

Establertes les possibilitats, és el moment de reduir-les mitjançant proves i mesuraments. En general, unes quantes comprovacions amb el voltímetre us diran si la font d'alimentació està bé. Si no és així, caldrà reduir encara més les possibilitats i fer més mesuraments i comprovacions. Moltes vegades, l'avaria d'un circuit o instal·lació es limita a la fallada de tan sols un component, encara que l'avaria d'aquest component pugui perjudicar diversos elements de la instal·lació que hi estiguin connectats.

A les instal·lacions de molt baixa tensió les avaries acostumen a ser avaries de la font d'alimentació. Les avaries de les fonts d'alimentació segueixen el mateix procés general. Els símptomes que es poden observar són:

- Falta de tensió a la sortida
- Tensió de sortida baixa
- Arrissament excessiu
- Tensió de sortida elevada

Si us hi fixeu, hem reduït els mesuraments a mesuraments només de la tensió. Així és normalment com es treballa, perquè les tensions es mesuren fàcilment. El mesurament dels corrents no es fa servir si no és absolutament necessari, perquè amb un multímetre normal cal interrompre el circuit per intercalar l'amperímetre. També cal tenir en compte que la font d'alimentació pot presentar dos símptomes a la vegada: una tensió de sortida baixa i un arrissament excessiu.

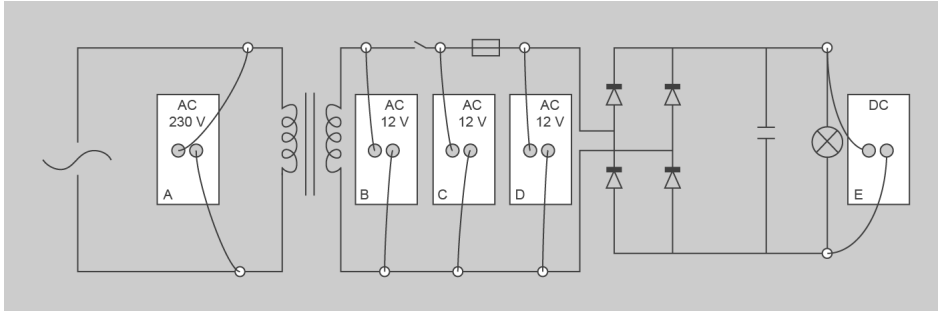
Una vegada els símptomes han estat identificats clarament, arriba el moment d'estudiar-ne les possibles causes. En el cas d'absència de tensió de sortida, les possibilitats comprenen:

- Fusible o tallacircuit obert
- Interruptor, cable de corrent o presa de corrent defectuosos
- Transformador de la font d'alimentació defectuós
- Limitador de tensions obert, normalment una resistència limitadora anomenada *varistor*

- Díode o díodes rectificadors oberts
- Bobina o condensador del filtre obert

L'últim pas és limitar la llista de possibilitats a un o un parell de defectes. Això s'aconsegueix efectuant alguns mesuraments addicionals.

**FIGURA 1.8.** Mesuraments a una font d'alimentació



La font d'alimentació de la figura 1.8 és molt senzilla i està composta per un transformador, un interruptor, un fusible, un pont rectificador que converteix el corrent altern en corrent continu, i un condensador que fa de filtre. L'únic bloc que falta és el regulador, de manera que, en aquest cas, seria una font d'alimentació no regulada. Ara es tracta de veure quins mesuraments s'hi poden fer:

- El voltímetre A ha de marcar 230 V; si no arriba tensió a la font d'alimentació evidentment aquesta no podrà funcionar.
- El voltímetre B ha de marcar 12 V, suposant que el transformador és de 230 V a 12 V, o la tensió nominal del secundari del transformador. En aquest lloc del circuit les tensions encara són alternes.
- Si el voltímetre C no marca tensió és que l'interruptor és obert.
- Si el voltímetre D no ens mostra cap lectura de tensió, és que el fusible és obert. Si el defecte rau en el fusible no convé canviar-lo de seguida perquè el problema pot ser en els díodes (un díode curtcircuitat). Si voleu comprovar un díode el millor és separar un dels terminals i comprovar la continuïtat amb un ohmímetre.
- El voltímetre en la posició E us ha de donar una tensió en la posició de DC (corrent continu). Si no la dóna, el problema pot ser al pont rectificador. També podeu fer la prova i comprovar si el voltímetre dóna valors amb altern. Si els valors que dóna són elevats en altern és que el condensador que fa de filtre no té la capacitat suficient per a la càrrega, la qual cosa fa que l'arissament sigui molt gran. Si en la posició E al voltímetre teniu una tensió massa baixa pot ser degut a algun d'aquest motius:
  - Corrent de càrrega més elevat
  - Baixa tensió a l'entrada
  - Condensador de filtre defectuós

## – Algun díode rectificador defectuós

Ara ja es tracta de localitzar només el component defectuós i substituir-lo.

### 1.6.2 Triar els recanvis

Una vegada localitzat el component defectuós cal triar el recanvi. El més segur sempre és triar el recanvi exacte. Si no es disposa del recanvi exacte, el podeu substituir per un d'equivalent. Els components que en qualsevol cas trieu com a substituïts dels originals han de tenir les mateixes característiques que aquests. No és una bona idea canviar una resistència de 2 W per una d'1 W, ja que la de recanvi durarà poc temps. A més a més, el material del component també és molt important, en alguns circuits hi pot haver risc d'incendi si se substitueix una resistència de carboni per una altra de pel·licular.

**Substituir els díodes rectificadors.** Els díodes rectificadors tenen unes quantes característiques nominals d'importància. Entre aquestes, la intensitat mitjana i la capacitat per a pics d'intensitat. Als filtres d'entrada capacitiva els pics d'intensitat poden ser molt superiors a la intensitat mitjana. Una altra característica nominal important és la tensió màxima de polarització inversa que pot suportar el díode.

#### Una ajuda per a la tria

Per ajudar-vos a triar un díode de recanvi podeu utilitzar les taules d'equivalència. En aquestes guies s'indica la numeració dels components i la dels possibles substituïts, i moltes vegades les característiques elèctriques nominals i geomètriques d'aquests.

**Substituir el condensador electrolític.** Els **condensadors** electrolítics que fan de **filtre** s'especifiquen per a una tensió contínua de funcionament que no s'ha de superar. Als filtres capacitius, com els que hi ha en la figura 1.8, el condensador es pot carregar fins al valor màxim de l'ona rectificada; en qualsevol cas, el valor nominal de la tensió AC de funcionament del condensador ha de ser, al menys, igual a aquest valor màxim d'ona, però mai inferior.

A més de la tensió de funcionament del condensador, també és molt important la seva **capacitat**. Si el condensador que substituïu té un valor inferior de capacitat pot resultar una tensió de sortida baixa i massa arrissada; si el valor de la capacitat és massa elevat, aleshores es pot produir una intensitat massa elevada en els díodes rectificadors.

**Substituir el transformador.** També és possible que hàgiu de **substituir el transformador**. En aquest cas cal que us assegureu que el de recanvi tingui les mateixes intensitats i tensions nominals.

Un problema afegit són les característiques geomètriques dels components. Així un transformador de recanvi pot ser massa gran per poder-lo encabir al mateix xassís on hi havia l'original; passa el mateix en el cas dels condensadors electrolítics. Val la pena comprovar abans els detalls mecànics dels components de recanvi.

Després de fer una reparació a una font d'alimentació de seguretat, caldria posar-la a prova per comprovar-ne el funcionament seguint els mateixos assajos i normativa que els fabricants, i per aconseguir el segell d'una entitat certificadora caldria que aquesta entitat fos la que revisés la font d'alimentació.

Els **transformadors de seguretat** no es poden considerar reparats fins que no s'han tornat a comprovar seguint els assajos i la normativa que han de complir per considerar-se transformadors de seguretat.

#### **Algunes recomanacions**

Si desmunteu una font d'alimentació de seguretat per tal de repara-la, després l'única manera de saber si continua complint les normes de seguretat és fent els assajos que prescriu la normativa per a aquesta classe de font d'alimentació.

Hi ha una altra possibilitat i consisteix a utilitzar la font d'alimentació reparada com una font d'alimentació de molt baixa tensió de funcionament (MBTF) i complir els requisits de seguretat que exigeix el REBT mitjançant altres sistemes de seguretat com si es tractés d'una instal·lació a tensions usuals.

## **1.7 Manteniment d'instal·lacions a tensions no usuals**

L'avaria en un equip, el tall del servei d'energia, l'aturada en un procés automàtic o l'accident són cada vegada menys tolerats o acceptats, tant pels industrials com per la població usuària.

L'usuari de la instal·lació elèctrica espera, de l'ús domèstic, el següent:

- Disponibilitat del servei elèctric les 24 hores del dia, els 365 dies a l'any.
- Possibilitat, de connexió de qualsevol electrodomèstic.
- Seguretat en el funcionament de les instal·lacions crítiques, aigua calenta, vitroceràmica.
- Instal·lació segura que no pugui provocar cap accident a les persones o animals de la casa.

De l'ús terciari:

- Disponibilitat del servei elèctric les 24 hores del dia, els 365 dies a l'any.
- Fiabilitat dels sistemes de gestió informàtica (datàfons, caixers, comerç electrònic, etc).
- Fiabilitat de les instal·lacions de serveis, ascensors, climatització, etc.
- Seguretat contra incendis.

L'ús industrial és molt competitiu, no pot admetre pèrdues de producció; com més complexos i importants són els processos de fabricació, més important és el millor en:

- Fiabilitat dels processos del seu control i comandament
- Disponibilitat de les màquines
- Manteniment de les eines de producció
- Seguretat de les persones i de l'actiu industrial

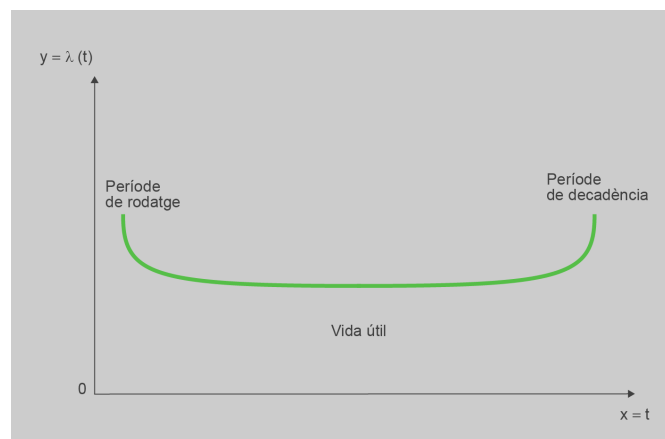
### 1.7.1 Garantia de funcionament

La garantia de funcionament que s'expressa en termes de fiabilitat, de possibilitats de manteniment, de disponibilitat i de seguretat també és una ciència que cap dissenyador ni instal·lador no pot ignorar.

**Fiabilitat.** La Comissió Electrotècnica Internacional (CEI) defineix la fiabilitat com la probabilitat que un producte o instal·lació pugui complir una funció requerida, en les condicions determinades, durant un interval de temps ( $t_{1</sup>}, t_{</sup>2}$ ).

L'experiència demostra que els components elèctrics i electrònics tenen una fiabilitat baixa al principi, quan apareixen tots els errors del disseny i de la instal·lació; una vegada passat aquest temps, el funcionament és molt fiable, però quan s'arriba a la seva vida útil, la fiabilitat torna a baixar (figura 1.9).

**FIGURA 1.9.** Corba banyera



L'aspecte d'aquesta corba és d'una banyera. L'eix  $x$  representa el temps, mentre que l'eix  $y$  representa la probabilitat que el producte o instal·lació falli. Les tres parts de la gràfica són les següents: període de rodatge, vida útil i període de decadència. En els períodes de rodatge i decadència hi ha una probabilitat alta (valors d' $y$  més grans) que el dispositiu o la instal·lació falli, mentre que en la seva vida útil la probabilitat que falli és més petita (valors d' $y$  més baixos).

**Disponibilitat.** La noció de disponibilitat d'una instal·lació elèctrica és molt semblant a la d'un vehicle. Un cotxe ha de funcionar en el moment en què el

necessitem, la seva història importa poc. La disponibilitat mesura aquesta aptitud de funcionar en un moment donat.

Segons el Comitè Electrotècnic Internacional (CEI), la **disponibilitat** és la probabilitat que una instal·lació pugui complir una funció requerida, en unes condicions determinades, en un moment donat  $t$ , suposant que el subministrament extern necessari estigui assegurat. Es representa per les lletres  $D(t)$ .

*Disponibilitat* i *fiabilitat* s'assemblen, la diferència fonamental és l'aspecte temporal: mentre que la fiabilitat és per a un període llarg de temps, la disponibilitat és per a un moment donat.

Diguem que les instal·lacions elèctriques són **mantenibles**. Això vol dir que enfront d'una averia s'interrumpeix el servei fins que l'averia és reparada. Cal tenir en compte dos aspectes importants en el manteniment: la freqüència de les avaries i el temps que es tardia a reparar-les.

Tornem sobre l'exemple del cotxe. Dos tipus de vehicles tenen problemes de disponibilitat: els uns sovint tenen avaries i els altres rares vegades tenen avaries, però passen molt temps als garatges abans de ser reparats.

La fiabilitat participa aleshores en la disponibilitat per la susceptibilitat de ser reparat ràpidament, això també és important, és la mantenibilitat.

**Mantenibilitat.** Els projectistes sempre busquen les màximes prestacions dels seus productes o instal·lacions, i sovint obliden la hipòtesi de l'averia. A més, quan es treballa perquè el sistema funcioni, resulta difícil preguntar-se què passaria en cas d'averia. I tot i així aquesta pregunta és indispensable. Perquè un sistema estigui disponible, s'ha d'avarar molt rarament, però també és important que es pugui reparar ràpidament.

S'entén per *reparació* tot el procés fins a la seva posada en servei, incloent-hi les demores logístiques. L'aptitud d'un sistema per ser reparat es mesura per les tasques de manteniment.

La mantenibilitat és la probabilitat que una operació donada de manteniment es pugui fer en un interval de temps donat  $[t_1, t_2]$ , que s'expressa per  $M(t_1, t_2)$ . Aquesta definició també s'ha extret del vocabulari internacional normalitzat per la CEI.

**Seguretat (avaries perilloses).** Cal distingir entre les avaries perilloses i les que no ho són. La diferència no prové de la naturalesa de l'averia, sinó de les seves conseqüències.

El fet que, per exemple, tots els semàfors d'una estació s'apaguin o que els llums del semàfor passin intempestivament del verd al vermell afecta el funcionament (ja que conduirà a l'aturada dels trens) però no és directament perillós. Una cosa completament diferent passa en el cas en què els llums passen del vermell al verd. La seguretat és la probabilitat d'evitar un esdeveniment perillós.

La noció de seguretat està estretament lligada al risc que en depèn, no tan sols de la probabilitat que passi, sinó de la gravetat del fet.

Algú pot posar en perill la pròpia vida si la probabilitat que el risc esdevingui real és molt petita. Si el risc és només la possibilitat de trencar-se una cama, es pot acceptar una probabilitat més gran.

Els quatre pilars de la **garantia de funcionament** són la fiabilitat, la disponibilitat, la mantenibilitat i la seguretat.

Cal tenir en compte aquestes quatre magnituds en qualsevol instal·lació o reparació que feu. No totes es podran complir i de vegades unes entraran en conflicte amb les altres. Per exemple, en una instal·lació amb tensió especial podem augmentar la disponibilitat amb una font d'alimentació econòmica, fàcil d'aconseguir però no segura en cas d'avaria.

La millora de la mantenibilitat pot comportar decisions que degradin la fiabilitat, per exemple, la incorporació de connectors a les fonts d'alimentació per facilitar el muntatge i desmuntatge. Així la font d'alimentació és més fàcil de canviar, però els connectors poden fer més avaries, avaries al mateix connector, així potser tindrem un sistema més mantenible però menys fiable.

La disponibilitat és, doncs, un compromís entre la fiabilitat i la possibilitat de manteniment; mentre es repara la instal·lació, aquesta no està disponible. En casos com la indústria és molt importat el temps de reparació, per exemple, per a una empresa automobilística de 1.650 vehicles al dia, una hora d'avaria elèctrica representa 100 vehicles menys fabricats.

Cal estudiar molt bé què ens interessa, estudis que ens permetin valorar aquest compromís entre les quatre variables.

La seguretat i la disponibilitat poden ser, per les mateixes raons, contradictòries. En l'àmbit domèstic, en què els usuaris no tenen cap tipus de coneixement sobre l'electricitat, sempre ens hem de posar de part de la seguretat. En àmbits industrials, i sempre respectant les normatives i amb usuaris més qualificats, ens podem posar més de part de la disponibilitat o fiabilitat.

La seguretat és la probabilitat d'evitar un esdeveniment perillós, i assoleix el màxim nivell quan el sistema està inutilitzat, la disponibilitat és aleshores nul·la, com passa, per exemple, quan es talla un subministrament per riscos d'incendi.

A la inversa, per millorar la disponibilitat d'una instal·lació, fem que no hi hagi cap aturada per dur a terme un manteniment preventiu, la qual cosa fa que la seguretat de la instal·lació disminueixi.

### 1.7.2 Manteniment preventiu i manteniment correctiu

Amb el manteniment preventiu s'arriben a evitar avaries abans que es produeixin. Les avaries sempre augmenten els costos i les pèrdues en la producció, i representen riscos per a persones i béns. Però no tot són avantatges, cal fer una anàlisi de la situació de cada instal·lació i valorar quins paràmetres cal mesurar.



Mentre es fa el manteniment preventiu, la instal·lació o algunes parts de la instal·lació deixen de funcionar.

No es tracta tampoc de posar un munt de tasques preventives que en realitat no serveixen per augmentar de manera substancial la fiabilitat de la instal·lació, però en canvi sí que fan disminuir la disponibilitat de la instal·lació, ja que contínuament es fan parades de manteniment preventiu.

A les instal·lacions de tensions no usuals, com passa a les instal·lacions a tensions usuals, el manteniment preventiu i periòdic no és gaire efectiu excepte per als problemes de seguretat.

Al llarg de la seva vida útil, les instal·lacions a tensions no usuals no necessiten manteniment i les avaries s'acostumen a presentar en el moment de posar en marxa la instal·lació i al final de la seva vida útil, d'acord amb la corba banyera (figura 1.9). Així doncs, el millor manteniment que es pot fer de tipus preventiu consisteix a tenir recanvis disponibles perquè, en cas d'avaría i manteniment correctiu, la reparació sigui el més ràpida possible.

Els estocs de recanvis signifiquen una gran quantitat de diners immobilitzats en l'empresa. La gestió moderna de les empreses redueix al màxim els estocs per reduir el capital immobilitzat. Així que el que ens queda és:

- Conèixer les necessitats del material a utilitzar (tensió, corrent, nivell d'aïllament, etc.).
- Conèixer el mercat i la disponibilitat del material de recanvi.
- Disposar del nostre magatzem amb els materials que són més difícils de trobar i aconseguir, perquè les comandes tarden molt o perquè les peces s'han deixat de fabricar.
- Conèixer una gran quantitat de proveïdors, per si l'habitual falla.
- Arribar a acords amb proveïdors pel que fa a temps de lliurament.
- Agilitat a l'hora de fer la gestió de subministraments, magatzem, inventaris.

En qualsevol cas cal procurar que una falta d'estocs al magatzem tingui la mínima repercussió possible pel que fa a parades, avaries i al cost que pot representar per al client, és a dir, cal disposar dels recanvis dels materials de la instal·lació que, en cas d'avaría, poden ocasionar greus parades en la producció. La figura 1.10 mostra una correlació entre probabilitat i gravetat amb vista a saber els materials que cal tenir al magatzem.

**FIGURA 1.10.** Probabilitat-gravetat

Molt freqüent				
Freqüent				
Ocasional				
Remot				
Improbable				
Molt improbable				
	Insignificant	Moderat	Crític	Catastròfic

Molt freqüent				
Freqüent				
Ocasional				
Remot				
Improbable				
Molt improbable				
	Insignificant	Moderat	Crític	Catastròfic

Aquesta representació gràfica pot ajudar a mostrar quins són els materials que caldria tenir en estoc al magatzem. També resulta útil per fer-nos veure quins són els problemes principals de les instal·lacions, i si és possible trobar una solució a avaries continuades de la instal·lació.

Els problemes freqüents, però, que tenen una repercussió molt escassa en el funcionament de la instal·lació es troben en la zona de la gràfica que es podria qualificar de zona baixa o poc important de la taula. Només si aquest efecte molt poc important es repeteix amb una freqüència molt elevada, passa a la zona alta de la taula o zona en què es fa necessari un tipus de reparació més a fons. Passa el mateix amb una avaria catastròfica de la instal·lació, per bé que es produeixi amb poca freqüència, si deixa la instal·lació inservible segurament ens troben davant d'un mal ús, d'un defecte de disseny, etc. En la part alta de la gràfica sempre es tracta d'una instal·lació que funciona malament, que té algun tipus de defecte que cal identificar.

**Tipus de defecte.** L'elaboració d'un sistema que faci possible la garantia de funcionament, perquè pugui ser satisfactori, necessita identificar i tenir en consideració les causes possibles dels errors. Dit amb altres paraules, perquè la instal·lació funcioni bé cal identificar d'on provenen les avaries. D'aquesta manera es pot proposar la classificació següent:

- **Els defectes físics. Avaries.** Les avaries poden ser induïdes per causes internes (trencament d'un element) o externes (interferències electromagnètiques, vibracions, etc.).
- **Els errors de disseny.** Agrupen principalment els errors de concepció material i els errors logístics.

- **Els defectes d'exploració.** Engloben els defectes generats per:
  - Una mala utilització del material o d'un component emprat en un entorn per al qual no ha estat dissenyat.
  - Un error humà en la utilització del material, o conseqüència d'una operació de manteniment incorrecta.
  - Sabotatge.

Pel que fa a la fiabilitat humana, l'aspecte qualitatiu pesa més en aquest camp que el quantitatiu. Dit d'una altra manera, l'aspecte quantitatiu no ens serveix, no podem analitzar numèricament els errors humans.

L'esforç preval en l'esquematzació de l'operativa humana i sobre la classificació de les seves tasques i dels seus errors. Els estudis més avançats són els que s'han fet en el camp del manteniment de les centrals nuclears, un àmbit en què el manteniment és clau.

Els esdeveniments actuals i, en particular, les grans catàstrofes mostren com els errors humans són una causa essencial, que no se situa tan sols en el nivell de l'operador sinó també en el nivell del dissenyador. I els graus d'error del dissenyador són més grans a causa de l'abstracció de la realitat sobre la qual treballa.

Una vegada identificat el tipus d'error cal corregir-lo i, si es tracta d'un defecte físic o d'una avaria, la solució serà la substitució de l'element avariament o defectuós. Aquest és l'àmbit del **manteniment correctiu**

El **manteniment correctiu** consisteix a reparar la peça o l'element de la instal·lació que ha produït l'avaria.

Perquè una reparació sigui ràpida cal tenir:

- bons tècnics
- coneixements de la instal·lació
- els recanvis adequats

Els recanvis han de ser al nostre magatzem o al magatzem del proveïdor, però en tot cas han de tenir una disponibilitat immediata. Els retards per gestió de recanvis haurien de ser els mínims, perquè sempre tenen repercussions negatives.

Però quan el defecte no és un simple defecte físic o avaria, si fem la substitució d'un element però la instal·lació continua sense funcionar o l'avaria es repeteix amb freqüència pot ser que ens trobem davant d'un defecte que no sigui una avaria. Cal ampliar el nostre punt de vista i veure si no ens trobem davant d'un error de disseny, un recanvi que es vol emprar en un entorn per al qual no ha estat dissenyat, un error humà en la utilització del material o conseqüència d'una operació de manteniment incorrecta o fins i tot fruit d'un sabotatge.

A tall de conclusió es podria dir que el manteniment preventiu no sempre és possible. Però si és possible sempre serà més desitjable que el correctiu. En cas d'arribar al correctiu cal tenir materials, operaris qualificats i documentació de la instal·lació perquè la reparació de l'avaria sigui el més ràpida possible. Si una avaria es repeteix de manera freqüent i la instal·lació no ofereix les garanties de bon funcionament exigibles, no ens hem de quedar en la simple reparació o substitució de l'element avariats, sinó que cal arribar a escatir quin és el tipus de defecte, les causes finals de l'avaria per trobar-hi una solució.

No es pot donar una fórmula exacta per al manteniment de les instal·lacions, les tasques de manteniment i de reparació són les tasques que més preparació i experiència necessiten en el món de les instal·lacions elèctriques.

## 2. Instal·lacions de receptors

La finalitat de les instal·lacions elèctriques és el subministrament d'energia elèctrica als receptors. No tots els receptors tenen les mateixes característiques. A més de les característiques de consum d'energia elèctrica, tensió i corrent, és important el tipus de seguretat davant del risc de xocs elèctrics per avaries en el mateix receptor. Per exemple, si la carcassa del receptor és metàl·lica és més perillosa que una altra de plàstic davant d'una possible pèrdua d'aïllament de les parts actives del receptor.

També cal tenir en compte si un receptor produeix calor, la calor pot desfer els aïllaments plàstics, raó per la qual els receptors han de tenir un tractament especial.

Els receptors han de complir totes les directives europees de baixa tensió, les normatives UNE i EN.

### Compte amb la connexió entre el receptor i la instal·lació fixa

A més del tipus de receptor, de la carcassa, de si produeix calor o no, etc., en una instal·lació és molt important la connexió dels receptors mòbils a la instal·lació fixa, ja que bona part de les avaries i dels accidents es produeixen en aquest tram de la instal·lació.

### 2.1 Classificació de les instal·lacions de receptors

Podem distingir diferents tipus de receptors elèctrics i classificar-los de diverses maneres, per exemple, en funció de la tensió nominal, és a dir, de la tensió que necessita per funcionar, o de si és un receptor fix o amovible, o si és d'escalfament, d'il·luminació, etc. L'important es tenir present sempre de quin aparell o receptor es tracta i quines característiques cal tenir en compte per a la seva instal·lació.

Els receptors poden ser fixos i amovibles. Segons les definicions del REBT l'aparell és **fix** quan està instal·lat de manera inamovible. L'aparell és **amovible** –incloent-hi qualssevol material instal·lat...– quan es pot treure fàcilment.

Pel que fa a la **tensió nominal** d'un aparell, cal tenir en compte:

- Tensió prevista d'alimentació de l'aparell i per a la qual se'l designa.
- Gamma nominal de tensions: l'interval entre els límits de tensió previstos per alimentar l'aparell.
- En cas d'alimentació trifàsica, la tensió nominal es refereix a la tensió entre fases (normalment 400 V).

---

El terra o la paret són no conductors quan presenten una resistència igual o superior a  $50.000 \Omega$ .

---

Una classificació molt important dels receptors elèctrics és la que es basa en la protecció contra els xocs elèctrics.

La instal·lació elèctrica ha d'estar adequada als receptors de la instal·lació. El primer que pensareu és que el receptor ha de funcionar a la mateixa tensió que la instal·lació ens proporciona, i que la intensitat de consum ha de ser perfectament assumible pels cables i les proteccions. Però no heu d'oblidar que el sistema de protecció de la instal·lació també ha de ser l'adequat per al tipus de receptors.

La taula 2.1 detalla els diferents tipus de receptors elèctrics segons el sistema de protecció que fan servir.

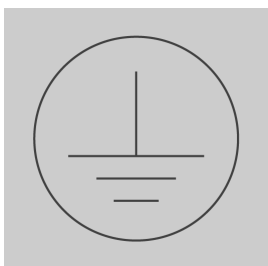
TAULA 2.1. Classes de receptors segons el sistema de protecció

Classe 0	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Sense mitjans de protecció de posada a terra	Mitjans de connexió previstos a terra	Aïllament suplementari, però sense mitjans de protecció per a posada a terra	Previstos per ser alimentats amb baixa tensió de seguretat (MBTS)

Per a més detalls sobre les instal·lacions de receptors de classe 0 podeu consultar l'apartat 4.3 de la ITC-BT-24.

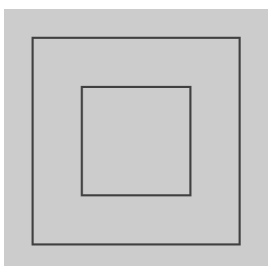
Heu de saber quin tipus de receptor podeu connectar a una instal·lació determinada:

- Un receptor de **classe 0** només es pot utilitzar en entorns o instal·lacions aïllades del terra. És a dir, el terra que les persones trepitgen o les parets que poden tocar són d'un material especial aïllant. Cal mesurar aquest tipus de terres i parets en les condicions normals d'ús. Feu especial atenció a les condensacions i humitats que poden augmentar la conducció i fer perillosa la instal·lació. En una instal·lació d'aquestes característiques també cal tenir en compte que els aparells han d'estar disposades de manera que, en condicions normals, les persones no facin contacte simultani amb dos receptors.



Receptor de classe I

- Un receptor de **classe I** s'ha de connectar al conductor de protecció de la instal·lació. Si no es connecta, aquest aparell queda desprotegit per contactes indirectes. Aquests aparells són típicament els aparells que tenen una carcassa metàl·lica i per al seu funcionament fan ús de l'aigua com ara rentadores o rentavaixelles. Aquests aparells sempre porten un endoll del que anomenem *suko*, i que té tres terminals, neutre, fase i protecció. És molt important que aquest tipus de receptor estigui connectat al conductor de protecció o terra de la instal·lació.



Receptor de classe 2

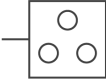

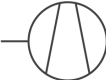

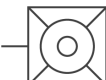

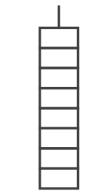

- Un receptor de **classe 2** té una protecció per contactes indirectes mitjançant un aïllament suplementari. També s'anomenen *receptors amb doble aïllament*. Aquests receptors tenen un endoll només amb dos terminals. No tenen presa de terra. Normalment són aparells en què la carcassa ja és un plàstic aïllant i a més dintre tenen més aïllants que fan impossible que hi pugui haver un contacte amb les parts actives o en tensió. Aquests aparells han de portar gravat el símbol de doble aïllament i normalment també porten

el símbol d'alguna empresa certificadora que certifica que es poden utilitzar sense perill. En una instal·lació que només tingues receptors de doble aïllament no seria necessària ni la instal·lació d'interruptors diferencial ni la instal·lació d'un conductor de terra o protecció.

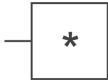

## 2.2 Simbologia específica

En la taula 2.2 podem veure la simbologia que normalment s'utilitza per identificar els receptors elèctrics fixos en els plànols de distribució de planta. Amb aquesta disposició es pot dissenyar la instal·lació elèctrica, distribució de circuits C1, C2, C3, C4, etc.

**TAULA 2.2.** Símbols que identifiquen els tipus de receptors

Símbols	Significat
	Cuina
	Motor
	Ventilador
	Rentadora
	Rentaplats
	Motor
	Escalfador elèctric
	Escalfador d'aigua elèctric
.....	

TAULA 2.2 (continuació)

Símbols	Significat
	Refrigerador
	Congelador

Els receptors mòbils, com ordinadors, eixugacabells, etc., són endollats, així que es poden instal·lar on hi hagi endolls.

### 2.3 Mesurar la intensitat, tensió, potència i el factor de potència: equips i procediments



Multímetre de gamma alta

El polímetre o multímetre és l'instrument de mesura més utilitzat pels professionals de l'electricitat, ja que permet mesurar les diferents magnituds elèctriques amb el mateix instrument.

Antigament, per mesurar les magnituds elèctriques s'utilitzaven aparells analògics (mecànics) en els quals un camp magnètic feia girar l'agulla del mesurador. Però avui en dia són aparells digitals basats en microcontroladors en els quals un sistema electrònic s'encarrega de mesurar i calcular els valors que després mostra com a resultat en un *display*.

En el mercat hi ha moltes marques i categories, però el funcionament és semblant tret de les característiques especials que tenen els aparells de gammes més altes.

Els polímetres digitals de gamma més baixa tenen preus molt assequibles, però presenten una sèrie de problemes que els polímetres de gamma més alta solucionen:

- Proteccions del polímetre respecte a les sobretensions.
- Escala manual o automàtica (*auto-rang*).
- Fer mesures *true RMS* o de valor eficaç real per a mesures de senyals no sinusoidals.
- Fer càlculs (valor mitjà, màxims, mínims) durant un període de temps.
- Connexió a un ordinador per emmagatzemar els valors que ha mesurat al llarg del temps.



multímetre de gamma baixa

La primera qüestió és la seguretat de l'aparell. Un multímetre o un polímetre de gamma baixa (figura 2.1) no està protegit contra sobretensions.



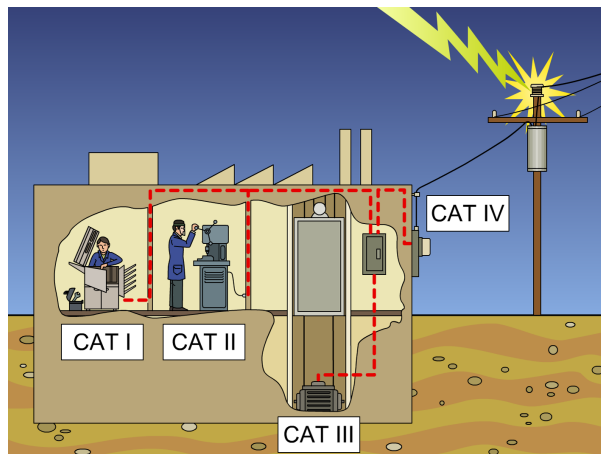
És difícil que hi hagi una sobretensió en el mateix moment en què esteu mesurant, però en el cas dels professionals que contínuament fan mesures, és més probable que mentre mesuren hi hagi una sobretensió. Per saber si està protegit cal fixar-se en els símbols que normalment hi ha entre els borns de mesura o a la part del darrere, els quals haurien de ser un dels símbols següents, depenent de la categoria de l'aparell –CAT I, CAT II, CAT III, CAT IV– tal com mostra la figura 2.2.

FIGURA 2.1. Detalls de multímetre de gamma baixa



I, a més, també es pot saber pel segell d'una entitat certificadora que assegura que aquest aparell compleix la normativa de la categoria a la qual pertany. Les diferents categories indiquen per a què són aptes els aparells mesuradors a fi de poder fer-ne un ús segur.

FIGURA 2.2. Categories de sobretensions



#### CAT IV

És el símbol que identifica els dispositius més segurs, els quals s'utilitzen per a mesures que es fan a prop dels transformadors de la xarxa. En aquest lloc del sistema elèctric, la resistència és poca, ja que la distància al transformador és petita, la qual cosa provoca corrents de curtcircuit molt elevats i, en cas de produir-se una sobretensió, els corrents que poden arribar a passar per multímetre que tingueu a les mans poden ser molt elevats. Per això necessiten tenir més protecció. Normalment aquests dispositius tenen connexió trifàsica. No tan sols els multímetres cal que tinguin protecció contra possibles sobretensions, també els comptadors d'electricitat.

### CAT III

Els multímetres d'aquesta categoria s'utilitzen per mesurar les distribucions trifàsiques d'aparells de gran consum que, pel fet de tenir una alimentació amb cables molt gruixuts, els corrents de curtcircuit en cas d'una sobretensió poden ser molt elevats. Càrregues o receptors típics són el motor polifàsic, la il·luminació comercial monofàsica, els alimentadors i els col·lectors de les plantes industrials, etc.

### CAT II

Per a aquesta categoria ja només es tenen en compte càrregues o receptors monofàsics. Com poden ser dispositius elèctrics generals, instruments portàtils i altres càrregues domèstiques similars connectades a preses de corrent i ramals llargs. Normalment es considera un ramal llarg (baixos corrents de curtcircuit) les preses de corrent situades a més de 10 m d'una font CAT III, i les preses de corrent situades a més de 20 m d'una font CAT IV.

### CAT I

Els multímetres d'aquesta categoria s'utilitzen per a tasques i reparacions electròniques. Considerem que en aquests llocs ja s'està molt lluny dels transformadors d'alimentació de la instal·lació elèctrica, i que fem mesures després de la font d'alimentació de l'aparell electrònic que ha d'anar protegit contra sobretensions, per això el multímetre amb el qual es mesura no cal que tingui gaire protecció contra sobretensions i els corrents de curtcircuit que se'n poden derivar.

Els diferents aparells haurien de mostrar clarament la categoria a la qual pertanyen i les característiques que tenen (figura 2.3).

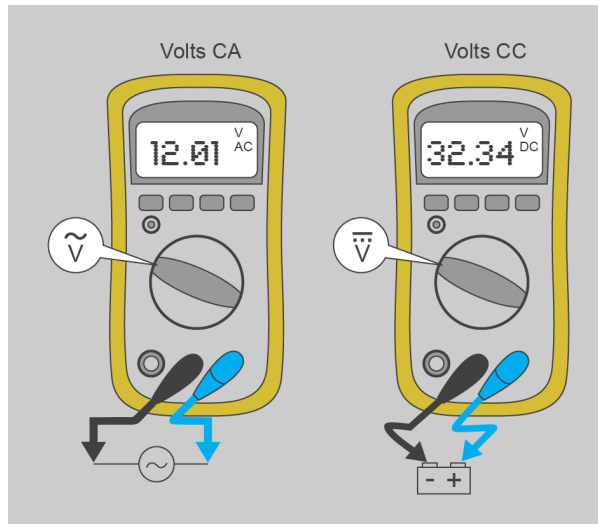
FIGURA 2.3. Detalls de multímetre de gamma alta



### 2.3.1 Mesurar la tensió

L'objectiu de mesurar la tensió és conèixer la diferència de potencial entre dos punts. Es tracta de la mesura més utilitzada. Una vegada es dona una diferència de potencial entre dos punts, només cal una càrrega perquè passi corrent i tenir així el circuit elèctric més bàsic.

L'aparell més emprat per mesurar la tensió és el multímetre o *tester* en la posició de voltímetre (figura 2.4).

**FIGURA 2.4.** Mesura de volts

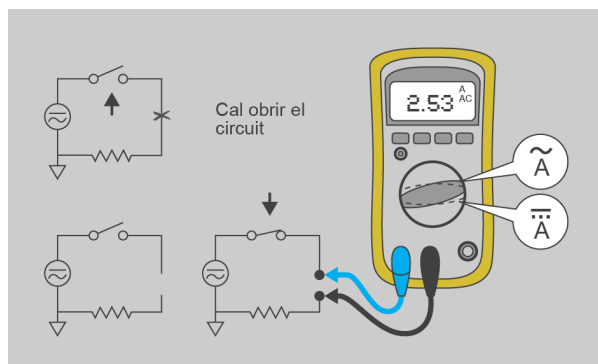
El multímetre en la posició de voltímetre és un aparell d'una alta impedància, la qual cosa fa que el corrent que passa per l'interior sigui molt baix.

Connexions i mesura:

- Connexió en paral·lel.
- Si es connecta en sèrie hi ha error de mesura, però no es crema l'aparell.
- Seleccionar CA o CC. En cas d'equivocació hi ha error en la mesura, i, a més a més, es pot crema l'aparell de mesura. Si l'aparell és d'escala manual cal començar per l'escala més alta (750 V), i després anar baixant (300 V)... (12 V), així us assegurareu que el multímetre no pateix cap desperfecte.

### 2.3.2 Mesura del corrent

L'objecte d'aquesta mesura és conèixer la intensitat de corrent que passa per un circuit i el mateix multímetre en la posició d'amperímetre el pot mesurar (figura 2.5).

**FIGURA 2.5.** Mesura de la intensitat amb tester

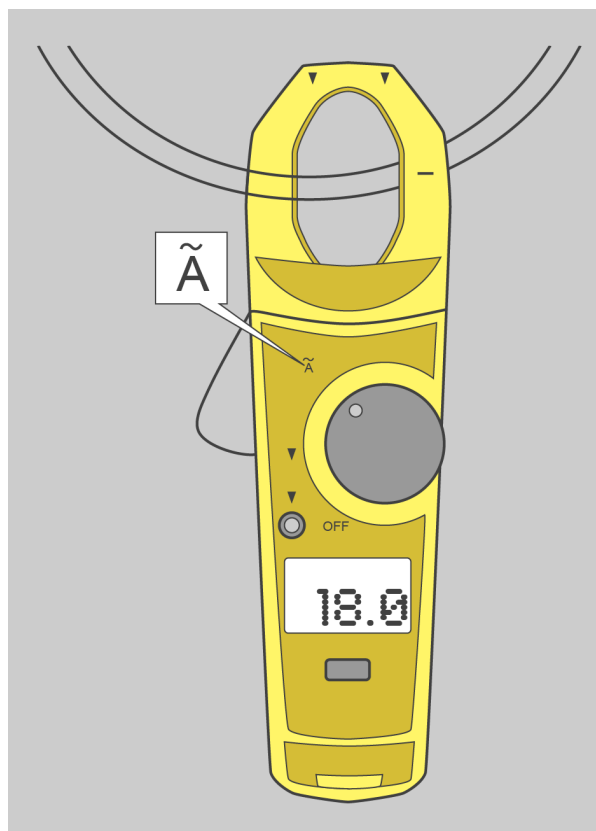
### Connexions i mesura

- Connexió en sèrie
- Precaució amb el canvi de borns (en gairebé tots els *testers*).
- Si es connecta en paral·lel, l'amperímetre s'acostuma a avariar sense remei.
- Seleccionar CA o CC. En cas d'equivocació, hi ha error en la mesura, a més a més, es pot cremar l'aparell de mesura.
- L'amperímetre, un aparell de baixa impedància. Per això si el connectem en paral·lel és com si féssim un curtcircuit.

És molt incòmode haver d'obrir el circuit per fer mesures. A més, amb freqüència es deixen els borns del *tester* en la posició de l'amperímetre, i d'aquesta manera ens oblidem que està en aquesta posició, de manera que si es mesuren tensions en paral·lel podem fer malbé l'aparell.

Per solucionar aquests problemes el corrent es mesura amb una pinça amperimètrica que rodeja el cable per on passa el corrent i així no cal interrompre el circuit (figura 2.6).

**FIGURA 2.6.** Mesura de la intensitat amb pinça



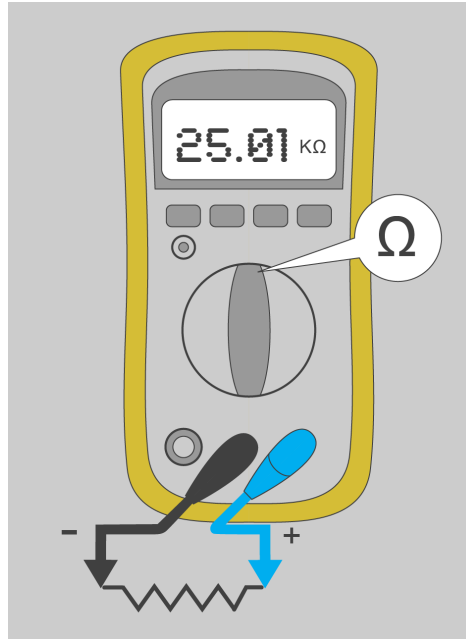
### Connexions i mesura

- Seleccionar magnitud i l'escala recordant començar sempre per les escales més altes per no fer malbé l'aparell.
- Inserir la pinça en un cable. La fase o el neutre. Un error comú és mesurar la fase i el neutre junts. D'aquesta manera la pinça marca 0 A, perquè el corrent d'entrada anul·la el de sortida.
- Algunes pinces poden mesurar CC per l'efecte Hall.

### 2.3.3 Mesurar la resistència

L'objectiu d'aquesta mesura és conèixer la resistència d'un component o d'un circuit. L'aparell que la mesura és el mateix multímetre, però, en la posició d'òhmmetre (figura 2.7).

FIGURA 2.7. Mesurar la resistència



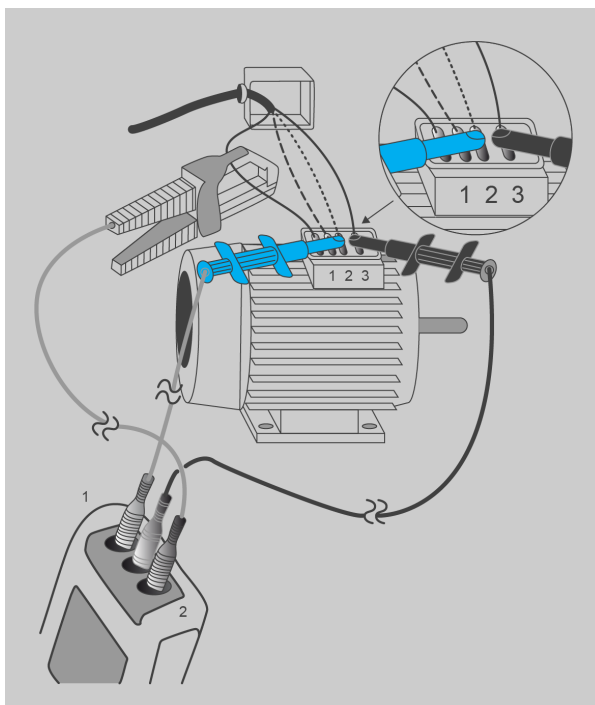
#### Connexions i mesura

- L'òhmmetre aplica una petita tensió sobre l'element sota el circuit o el component de prova.
- Precaució: els elements sota prova no han de tenir tensió ni de xarxa ni una altra d'oculta, per exemple, condensadors, càrregues, retorns. Una tensió d'aquestes pot fer malbé el multímetre a més de donar valors erronis de mesura.
- Connexió entre punts a mesurar en la resistència.

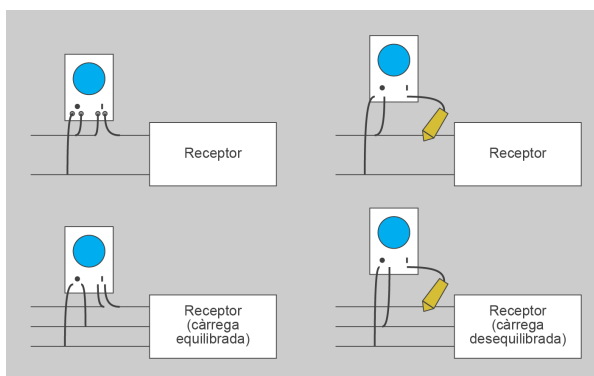
### 2.3.4 Mesurar la potència

L'objectiu és mesurar la potència activa. Per mesurar la potència activa d'un receptor o càrrega ens fan falta tres dades: la tensió a què s'alimenta, el corrent que hi circula i, a més, el desfasament entre la tensió d'un corrent, que rep el nom de *factor de potència* (figura 2.8).

Així, per mesurar la potència us farien falta tres aparells: un voltímetre, un amperímetre (a poder ser una pinça amperimètrica) i fasímetre o un aparell específic que fa aquesta mesura directament, un wattímetre o una pinça wattimètrica (figura 2.9).

**FIGURA 2.8.** Mesurar la potència**Connexions**

- Un wattímetre té dos circuits, un voltímetre i un amperímetre.
- Connectar el circuit voltímetre en paral·lel i l'amperímetre en sèrie, o mitjançant la pinça amperimètrica.

**FIGURA 2.9.** Mesures de potències**2.3.5 Altres mesures**

A les instal·lacions elèctriques es demana una gran fiabilitat i qualitat perquè són molts els aparells que s'hi connecten. Aparells fonamentals dels quals depèn el bon funcionament i desenvolupament de qualsevol tasca. Per fer un seguiment de la instal·lació o per diagnosticar problemes cal mesurar. Els multímetres digitals més avançats permeten fer mesures d'un gran valor per al manteniment de la instal·lació elèctrica.

**Enregistrament de dades.** L'experiència ens diu que molts dels problemes de manteniment o disseny d'una instal·lació són dinàmics, és a dir, canvien al llarg del temps. Això fa que si es pren una mesura en un lloc puntual en un moment determinat no resulti de gran ajut per resoldre el problema de la instal·lació. Cal disposar d'una ferramenta que faci les mesures de corrent, tensió, potència durant un temps més o menys llarg. Mentre fem la mesura se'n pot apreciar l'evolució, les tendències, si guarda l'hora podem saber si es produïxen alteracions a una certa hora determinada. Així podem detectar desviacions, pics, pujades, caigudes. Amb aquestes eines el tècnic de manteniment guanya molt de temps perquè no ha d'estar contínuament mesurant.

La quantitat de dades (10.000 mesures), el temps de funcionament (hores, dies), les unitats mesurades (temperatura, tensió, corrent, freqüència, etc.), tot això varia d'uns aparells a altres.

Un altre aspecte a tenir en compte és l'exportació de les dades a format digital per poder-les emmagatzemar o tractar en un ordinador, fins i tot monitorat en temps real per mitjà d'una connexió amb xarxa. La quantitat d'opcions dels aparells de mesura és molt elevada, però del que es tracta és que compleixin les vostres necessitats de mesura.

**Funcions mínim, màxim, mitjana.** En cas que l'aparell no exporti les dades perquè després es puguin visualitzar o estudiar en un ordinador, una aplicació molt interessant és demanar a l'aparell que us doni els valors mínim, màxim o la mitjana d'una mesura al llarg del temps. Aquesta senzilla funció permet saber si durant un temps la tensió ha baixat i fins a quin valor ho ha fet. Per exemple, un ordinador s'atura inesperadament, i se sospita que es deu a baixades o talls de tensió. Com es pot saber? La mesura feta amb un multímetre en la funció mínima de tensió durant un temps us permetrà saber si l'ordinador s'atura perquè la tensió baixa inesperadament, i si no hi ha de baixada de tensió, aleshores caldrà buscar una altra explicació.

**Filtres d'altres freqüències.** Molts equips electrònics moderns utilitzen tecnologia d'alta freqüència per al control de les càrregues, per exemple, els variadors de velocitat dels motors, inversors, fonts d'alimentació commutades, etc., la qual cosa representa en la sortida una combinació de senyals a una freqüència fonamental (50 Hz) i d'altres a alta freqüència (100.000 Hz), les quals introdueixen errors de mesura en la tensió fonamental. Per solucionar els problemes que afecten aquestes mesures, els multímetres més avançats incorporen un filtre que elimina els components d'alta freqüència amb la qual cosa permeten que el multímetre faci mesures correctes del component fonamental del senyal de sortida. Es tracta d'un problema típic dels tècnics de manteniment que mesuren els variadors de velocitat de motors. En cas que calgui fer el manteniment d'aquest tipus d'equip és important que ens fixem en aquesta característica que ofereix el multímetre.

**Funció de baixa impedància.** Les instal·lacions d'automatismes són una combinació de circuits de control o maniobra i de potència. En les proximitats dels circuits de potència és possible que en fer una mesura de tensió en un circuit es detectin valors elevats de tensió en punts en els quals no n'hauria d'haver. Aquestes tensions no són de la xarxa d'alimentació, sinó que són creades per

les càrregues (motors, transformadors, etc.) del circuit de potència. Aquest problema es pot solucionar fàcilment si el multímetre permet un mode de mesura amb una impedància reduïda d'entrada. La impedància més baixa a l'entrada del multímetre representa una petita càrrega per al circuit que elimina les tensions creades per les càrregues i es mostren així valors reals de la tensió del circuit.

**Funció de resistències de precisió.** Els multímetres tradicionals per mesurar una resistència injecten un corrent d'1 mA. Aquest corrent és molt petit per mesurar valors de resistències molt petits com, per exemple, bobinatges de motors, etc. Els multímetres més avançats disposen d'una funció per mesurar resistències injectant un corrent molt més elevat, fins a 50 mA, això permet mesurar resistències petites de menys de 50  $\Omega$  amb una precisió fins i tot de 0,0001  $\Omega$ .

Un multímetre qualsevol permet fer mesures de tensió, corrent i resistències, però només en un moment determinat i en un punt de la instal·lació. Si la tasca de manteniment que heu de fer s'ha de fer en entorns industrials o en entorns sofisticats, en els quals es poden presentar problemes difícils de detectar, l'aparell que us cal tenir a l'abast és un multímetre amb característiques especials. El registre gràfic de dades, les funcions mínim, màxim, l'eliminació d'altres freqüències, o de la tensió induïda per les càrregues, la mesura acurada de baixes resistències (bobinatges) poden facilitar molt la tasca de manteniment del tècnic en electricitat. Sense oblidar en cap moment la seguretat a l'hora d'escollir el multímetre, sobretot per la seva capacitat de suportar sobretensions (CAT III o CAT IV).

## 2.4 Prescripcions generals per a la instal·lació de receptors (ITC-BT-43)

En la secció "Annexos" del web d'aquest mòdul podeu consultar la ITC-BT-43 completa.

La instal·lació de receptors s'ha de fer d'acord amb el tipus de receptor, i posant especial atenció en la tensió de funcionament i en l'entorn (classe de local, emplaçament, utilització) sense oblidar els esforços mecànics perquè en les seves condicions de funcionament no assoleixin cap temperatura perillosa.

Els primers requisits que ha de complir un receptor són els que prescriu la Directiva europea de baixa tensió, i la Directiva de compatibilitat electromagnètica, encara que els elements del receptor, com, per exemple, els llums, no estiguin totalment muntats i el muntatge final es faci mentre es completa la instal·lació.

El primer que cal tenir en compte és la **tensió de funcionament del receptor**. El fet de connectar un receptor a una tensió per a la qual no està fabricat pot fer malbé el receptor i en casos extrems pot ser motiu d'accidents, incendis, etc. En un entorn domèstic, la tensió sempre és la usual de 230 V monofàsics, però en entorns com el comerç o la indústria l'habitual és el consum trifàsic de 400 V de valor eficaç entre fases i 230 V entre fase i neutre. En aquests casos, la identificació del conductor neutre és fonamental per a una bona connexió d'un aparell trifàsic, perquè en cas d'error i si, en comptes de fer una connexió d'un aparell receptor amb fase-neutre (230 V), es fa mitjançant dues fases (400 V), el resultat pot ser fatal per al receptor.



A més de la tensió a què ha de funcionar el receptor, cal tenir en compte el corrent o la **potència que el receptor consumirà**. La instal·lació ha de ser adequada i permetre que arribi el corrent necessari perquè el receptor funcioni. Una instal·lació mal dimensionada, per exemple, amb un cable que tingui una secció petita i una gran caiguda de tensió, farà que no arribi la tensió necessària perquè el receptor funcioni correctament. D'aquesta manera el corrent acabara escalfant massa el conductor fins al punt d'arribar a deteriorar l'aïllament plàstic i crear curtcircuits que poden resultar en incendis.

Per evitar problemes i accidents, els receptors i els cables o la instal·lació que els alimenta han de disposar d'un **sistema de protecció** contra sobreintensitats (ITC-BT-22). Cal adoptar les característiques d'intensitat-temps dels dispositius de protecció, d'acord amb les característiques i les condicions d'utilització dels receptors a protegir.

Pel que fa a la instal·lació dels receptors, de fet es poden connectar a les canalitzacions directament o per mitjà d'un cable apte per a usos mòbils, que pot incorporar una clavilla de presa de corrent. Però, en qualsevol cas, sempre ha d'incloure el nombre de cables necessari segons el tipus de receptor. Si el receptor és de **classe 1** caldrà que la clavilla i la instal·lació tinguin connexió amb el conductor de protecció o terra.

### 2.4.1 Desequilibris en les fases

El sistema elèctric de generació i transport és un sistema trifàsic equilibrat. Tant els generadors com el transport necessita que totes les fases consumeixin la mateixa quantitat de corrent. Per aquest motiu és necessari que els receptors no produeixin desequilibris importants en la xarxa.

Depenent de les càrregues, els desequilibris són més o menys importants. Càrregues grosses a una sola fase causen un fort desequilibri. A més, els problemes principals dels desequilibris són a prop dels consumidors o clients. En la xarxa general del distribuïdor, com que no tots els consumidors fan desequilibris sobre la mateixa fase, el resultat final és un sistema més o menys equilibrat. És a dir, els desequilibris els sofreix la mateixa instal·lació que els provoca, perquè en la xarxa dels distribuïdors no tots els clients provoquen els desequilibris a la mateixa fase.

#### El repartiment equilibrat de la càrrega

A fi de reduir pèrdues degudes al desequilibri, sempre que sigui possible heu de fer servir **receptors polifàsics equilibrats** i no, receptors monofàsics desequilibrats, que compleixin la mateixa funció. El repartiment de la càrrega d'una instal·lació entre les fases s'ha de fer procurant que en totes les hipòtesis de funcionament la intensitat sigui la mateixa en les tres fases.

Carregar, per exemple, sobre una fase tot l'enllumenat d'una secció que sovint funciona quan la resta de la instal·lació està desconnectada produirà pèrdues per desequilibri encara que el balanç global del repartiment sigui equilibrat a tota la instal·lació.

Un cop feta una instal·lació acostuma a ser molt difícil modificar-la, raó per la qual és a l'hora de dissenyar la instal·lació i dur-la a terme, quan s'ha de posar la cura necessària

#### Els cables...

...a l'entrada de l'aparell han d'estar protegits contra els riscos que representen els desperfectes mecànics produïts per tracció, torsió, cisallament, abrasió, plegats excessius, etc.

#### El desequilibri de voltatge...

...expressat en percentatge és el valor absolut de la desviació màxima del voltatge de línia respecte al voltatge mitjà en un sistema trifàsic.

per aconseguir el funcionament equilibrat continu i, per tant, l'estalvi permanent d'energia que se'n deriva.

Les pèrdues més importants per desequilibri es produeixen en les proximitats de les càrregues i, principalment, en la instal·lació de l'abonat. A mesura que les línies alimenten simultàniament els receptors més diversos, els desequilibris s'acostumen a compensar. Això és el que passa en la part del sistema elèctric allunyada dels consumidors. Per tant, el desequilibri de la seva càrrega perjudica el mateix consumidor.

El forts desequilibris de voltatge són una font de problemes en els sistemes de motors. El desequilibri de voltatge degrada el rendiment i escurça la vida dels motors trifàsics. El desequilibri de voltatge en els terminals de l'estator del motor causa desequilibri del corrent de fase. Els corrents desequilibrats originen pulsacions del parell, vibracions incrementades i tensions mecàniques, pèrdues incrementades, i sobreescalfament de motors, la qual cosa acaba provocant un escurçament en la vida de l'aïllament del bobinatge.

Es recomana que el desequilibri de fases en els terminals del motor no excedeixi l'1%. Les causes més comunes del desequilibri de fases són les següents:

- Fallades d'operació de l'equip de correcció del factor de potència.
- Subministrament elèctric inestable o desequilibrat.
- Subministrament de banc de transformador desequilibrat en càrrega trifàsica que és massa gran per al banc.
- Càrregues monofàsiques distribuïdes no uniformement en el mateix sistema de potència.
- Fallades a terra d'una fase no identificades.
- Un circuit obert en el primari del sistema de distribució.

#### **El problema del desequilibri de motors**

El desequilibri de motors és probablement el problema principal de qualitat que produeix com a resultat un sobreescalfament i la fallada prematura dels motors. Si es detecten desequilibris de voltatge, s'ha de fer una investigació minuciosa per determinar-ne les causes. Quan es duen a terme accions correctives aconseguim estalvis importants.

El desequilibri de voltatges causa desequilibris de corrent extremadament alts. La magnitud del desequilibri de corrent pot ser de sis a deu vegades tan gran com el desequilibri de voltatge.

Un motor que treballa amb desequilibri de voltatges funciona més calent. Per exemple, un motor amb una temperatura de 100 °C experimenta un increment de temperatura de 8 °C quan opera sota condicions de desequilibri de voltatge del 2%. La vida de l'aïllament del bobinatge es redueix a la meitat amb cada 10 °C d'augment en la temperatura d'operació.

### 2.4.2 Oscil·lacions fortes de potència absorbida

Els aparells receptors que produeixen oscil·lacions fortes de potència absorbida no es poden instal·lar sense el consentiment exprés de l'empresa que subministra l'energia.

L'empresa distribuïdora, amb l'aprovació prèvia de l'organisme competent, pot **negar el subministrament** als receptors que provoquin grans oscil·lacions.

Els motors que accionen màquines de parell resistent molt variable i altres receptors com ara forns, aparells de soldadura o similars poden produir oscil·lacions fortes per la potència que han absorbit, la qual cosa obliga a prendre mesures perquè aquesta potència no sigui superior al 200% de la potència assignada del receptor. Si es comprova que els receptors d'una instal·lació no compleixen aquesta condició, l'empresa distribuïdora els pot negar el subministrament i sol·licitar que s'instal·lin els sistemes de correcció apropiats.

### 2.4.3 Compensació del factor de potència

Totes les màquines elèctriques, com són els motors i els transformadors entre moltes altres, s'alimenten, en corrent altern, per a dues formes de consum:

- del que transformen en **potència activa**, amb les pèrdues corresponents degudes a l'efecte Joule (escalfament),
- del corresponent a la creació dels camps magnètics o **potència reactiva**.

Les xarxes de corrent elèctric subministren energia que s'utilitza per a dues funcions diferents:

- L'**energia activa**, que es transforma en treball útil i calor.
- L'**energia reactiva**, que s'utilitza per crear camps magnètics (**inducció**).

L'**energia aparent** és la suma vectorial d'aquestes dues energies, i el **factor de potència** ( $\cos \varphi$ ) és la proporció de potència activa en la potència aparent, que s'obté mitjançant la fórmula:

$$\cos \varphi = \frac{P \text{ potència activa}(W)}{S \text{ potència aparent}(VA)}$$

Així doncs, les instal·lacions que subministren energia a receptors dels quals resulta un factor de potència inferior a 1 poden ser compensades, però sense que

en cap moment l'energia absorbida per la xarxa pugui ser capacitiva (factor de potència superior a 1).

### Com es pot millorar el factor de potència d'una instal·lació?

Millorar el factor de potència d'una instal·lació consisteix a instal·lar un condensador al costat del consumidor d'energia reactiva. Això s'anomena *compensar una instal·lació*. La instal·lació d'una bateria de condensadors de potència  $Q_c$  disminueix la quantitat d'energia reactiva subministrada per la xarxa.

La potència de la bateria de condensadors a instal·lar es calcula a partir de la potència activa de la càrrega,  $P_a$ , expressada en watts (W) i el seu desfasament respecte a la tensió, corrent, abans de la compensació i després de la compensació.

Per calcular la **quantitat d'energia capacitiva** que necessita una instal·lació heu d'aplicar la fórmula següent:

$$Q_c = P_a(\tan \varphi - \tan \varphi')$$

### L'energia capacitiva d'un motor

Un motor absorbeix una potència de 10 kW amb un factor de potència de 0,75 i volem passar a un factor de potència de 0,93. Primer de tot, preneu el factor de potència que té la instal·lació  $\cos \varphi = 0,75$  i amb l'ajuda de la calculadora científica calculeu la tangent de  $\varphi$ .

$$(1.1) \varphi = \cos^{-1} 0,75 = 41,4096$$

Aleshores, amb l'ajuda de la calculadora científica calculeu la tangent:

$$(2.1) \tan \varphi = \tan 41,4096 = 0,8819$$

Ara preneu el factor de potència ( $\cos \varphi'$ ) que voleu que tingui la instal·lació (0,93) i, novament, ajudant-vos de la calculadora científica calculeu:

$$(3.1) \varphi' = \cos^{-1} 0,93 = 21,5651$$

Aleshores, amb l'ajuda de la calculadora científica calculeu la tangent de  $\varphi'$ .

$$(4.1) \tan 21,5651 = 0,3952$$

I finalment substituïu el resultat en la fórmula

$$(5.1) Q_c = P_a(\tan \varphi - \tan \varphi')$$

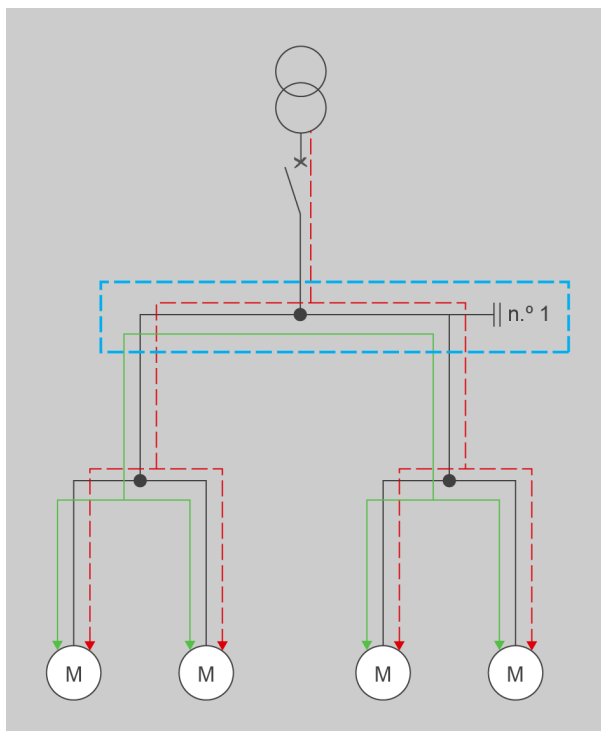
$$(5.2) Q_c = 10000(0,8819 - 0,3952) = 4867 \text{ VA}_r \text{ capacitius}$$

En principi, la compensació ideal és la que limita el camp d'actuació de l'energia reactiva a l'entorn més proper a la seva creació. Però els criteris tècnics i econòmics en determinaran la situació. Així doncs, una instal·lació es pot compensar de tres maneres diferents: global, per sectors i individual.

**Compensació global.** Si la càrrega és estable i contínua, una compensació global és adequada (figura 2.10). En la compensació global, la bateria de condensadors és connectada a la capçalera de la instal·lació i garanteix una compensació de tota de la instal·lació. La compensació global estarà en servei quan ho estigui la xarxa a la qual s'aplica.

La localització de condensadors de BT sobre una xarxa elèctrica constitueix un índex de disseny de xarxa moderna.

FIGURA 2.10. Compensació global



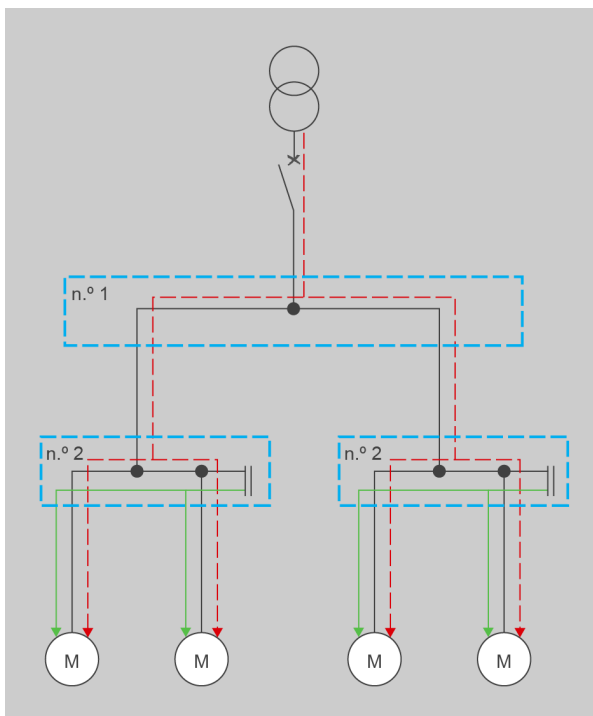
Pel que fa als avantatges d'una compensació global cal esmentar:

- Els nivells de consum propis de la instal·lació permeten dimensionar una potència mínima de la bateria i un màxim d'hores de funcionament. Aquestes característiques permeten una amortització ràpida.
- Suprimeix les penalitzacions per energia reactiva en el rebut d'energia elèctrica.
- Disminueix la potència aparent apropant-la a la potència activa.
- Optimitza el rendiment del transformador de subministrament.

Pel que fa als **inconvenients**, aquests són els principals:

- El corrent reactiu circula per tota la instal·lació.
- Les pèrdues per escalfament (efecte Joule) es mantenen i no permeten una reducció del seu dimensionament, aigües avall de la instal·lació de la bateria.

**Compensació parcial.** Una compensació parcial o per sectors és aconsellable quan la distribució de càrregues és molt desequilibrada, i d'un quadre de distribució depèn una càrrega important (figura 2.11). La bateria es connecta al quadre de distribució i genera l'energia reactiva necessària per compensar un grup de càrregues determinades. En una gran part de la instal·lació, alleugereix les pèrdues per escalfament, en particular en els cables d'alimentació.

**FIGURA 2.11.** Compensació parcial

Els avantatges principals són aquests:

- Suprimeix les penalitzacions per energia reactiva.
- Disminueix la potència aparent apropant-la a la potència activa.
- Optimitza el rendiment del transformador de subministrament.
- Optimitza una part de la instal·lació entre els punts 1 i 2.

Entre els **inconvenients** cal esmentar els següents:

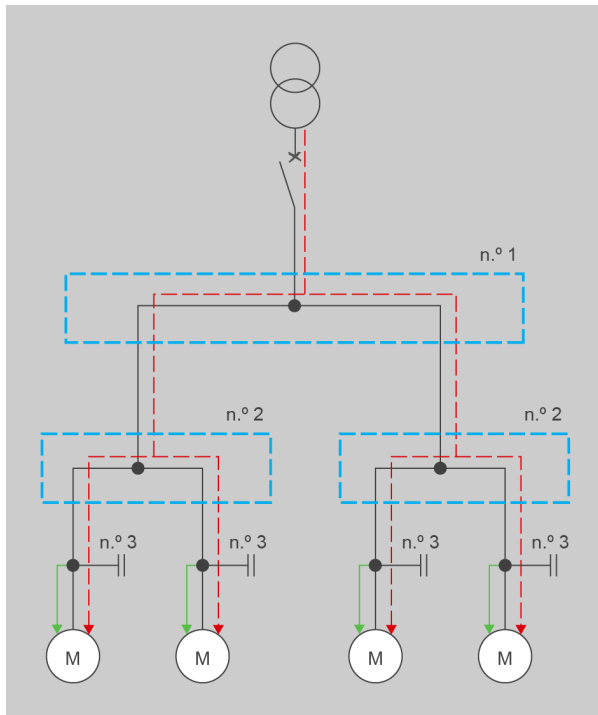
- El corrent reactiu circula des del nivell 2, aigües avall de la instal·lació.
- Les pèrdues per escalfament (Joule) es mantenen a partir del nivell 2 i no permeten una reducció del dimensionament de la instal·lació.
- Si els esglaons no estan ben dimensionats, en funció de la potència i el seu propi repartiment en càrregues individuals, porta el risc de sobredimensionament en períodes determinats.

**Compensació individual.** Una compensació individual és aconsellable quan hi ha càrregues molt importants en relació amb la càrrega total (figura 2.12) i, a més a més, és el tipus de compensació que aporta més avantatges.

La bateria dels condensadors es connecta als borns d'una càrrega molt important (motor de gran potència, forn elèctric, etc.). La potència en kVAr representa un 25% dels kW de la càrrega.

És important poder compensar al més a prop possible de la font d'energia inductiva, però s'ha de complementar amb una compensació general en la banda de l'alimentació.

FIGURA 2.12. Compensació individual



Pel que fa als avantatges de la compensació individual cal esmentar els següents:

- Suprimeix les penalitzacions per energia reactiva.
- Disminueix la potència aparent apropant-la a la potència activa.
- Optimitza el rendiment del transformador de subministrament.
- Optimitza la major part de la instal·lació.

El seu **inconvenient** principal és que el cost de la instal·lació només és rendible amb càrregues molt inductives i regulars.

A les instal·lacions no compensades, el corrent elèctric és més alt que a les instal·lacions compensades. Els corrents elevats fan que les instal·lacions estiguin sobredimensionades amb un conductor més gros. A més a més, el consum és superior perquè l'energia és proporcional al corrent elèctric. La taula 2.3 compara les instal·lacions compensades i les no compensades.

TAULA 2.3. Comparació entre instal·lacions compensades i no compensades

Instal·lació compensada	Instal·lació no compensada
	Els kVAr són facturats. Encara que no sigui energia útil és facturada.
La potència demanada en kVA s'ajusta a la potència activa en kW (útil, la que fa el treball).	La potència aparent (kVA) és superior a l'activa (kW).

**TAULA 2.3** (continuació)

Instal·lació compensada	Instal·lació no compensada
El consum de kVAr és disminuït, fins i tot, eliminat.	El consum en kW és superior en incloure les pèrdues produïdes pels kVAr.
Els recàrrecs econòmics a la facturació s'eliminen.	Les instal·lacions són sobredimensionades. Perquè els corrents són més elevats.

## 2.5 Instal·lacions de receptors. Receptors d'il·luminació (ITC-BT-44)

### 2.5.1 Objecte i camp d'aplicació

Les instal·lacions a les quals es connecta un equip d'il·luminació com a receptor han de complir el que ens indica el Reglament electrotècnic de baixa tensió a la ITC-BT-44.

En línies generals les instal·lacions d'enllumenat són com qualsevol altra instal·lació, però cal tenir en compte les característiques especials que presenti la càrrega, en aquest cas, els equips d'enllumenat. Anomenem equip d'enllumenat el conjunt compost pels elements següents:

- Luminària
- Portalàmpades
- Làmpada
- Equip auxiliar d'engegada o regulació

### 2.5.2 Luminària

La lluminària s'encarrega de dirigir el llum i donar estanquitat al conjunt. Sempre hi ha casos especials, com per exemple, les lluminàries estanques d'emergència que podríem trobar-nos en un pàrquing públic; en aquest cas hem de tenir en compte el que diuen els reglaments i la normativa per a instal·lacions de concurrència pública i els locals de característiques especials. O per exemple, les lluminàries que van submergides a dintre del aigua han de seguir la normativa específica d'aquestes instal·lacions.

En la resta de lluminàries el que hem de aconseguir és que siguin instal·lacions sense cap tipus de risc per contacte ni directe ni indirecte (ITC-BT-24). Si la lluminària té una part metàl·lica accessible, aquesta haurà de tenir connexió de presa de terra.

En la secció "Annexos" del web d'aquest mòdul podeu consultar la ITC-BT-44 completa.



### 2.5.3 Làmpades

Les làmpades són els elements que transformen l'electricitat en llum i poden ser de molts diversos tipus, des de les obsoletes bombetes de filament fins a les noves làmpades de LED, o els tan utilitzats fluorescents o bombetes de baix consum.

Està prohibit utilitzar làmpades de descàrrega que funcionin a alta tensió, com per exemple els neons, als habitatges pels problemes que hi pot ocasionar una alta tensió. Si es posa en locals comercials cal respectar les distàncies pertinents (ITC-BT-24).

### 2.5.4 Portalàmpades

Els portalàmpades on va fixada, normalment roscada, la làmpada ha de ser d'un tipus normalitzat. Qualsevol usuari pot canviar una làmpada, però és importat comprovar que la connexió de fase es queda a dintre del contacte central, mentre que a la rosca que l'usuari pot tocar accidentalment hauria d'estar connectada al neutre. Pel que fa a les rosques normalitzades, les més usuals són les anomenades rosques E (Edison) com són l'E27, que té 27 mm de diàmetre (rosca gran), i l'E17, que té 17 mm de diàmetre (rosca petita).

### 2.5.5 Condicions d'instal·lació dels receptors per enllumenat

Els equips auxiliars d'engegada o regulació han d'estar dissenyats per suportar la càrrega normal de la làmpada més els possibles corrents harmònics i d'engegada. El cable que connecta l'equip auxiliar amb la làmpada hauria de suportar com a mínim la tensió d'alimentació i mai inferior a 300/300 V.

Cal tenir en compte, a l'hora de calcular una línia amb il·luminació amb làmpades de descàrrega (fluorescents), que el corrent de càlcul ha de ser 1,8 vegades el corrent nominal de les làmpades perquè en el moment d'engegada el corrent és molt alt. Com que l'equip d'engegada dels fluorescents té una bobina, cal tenir en compte que el factor de potència d'aquesta instal·lació és molt baix (0,4) i que cal posar-hi un condensador per millorar-lo fins al 0,9 com a mínim.

Els equips auxiliars especials que funcionin a tensions de 1.000 V (1 kV) i 10.000 V (10 kV) han de complir unes normatives de seguretat a l'hora de ser construïts i utilitzats degut a la perillositat de les altes tensions, ha de complir la norma UNE-EN 50.107. Ha de tenir el segell de la Comunitat Europea i assegurar-nos el segell d'alguna entitat certificadora. Un exemple molt típic d'aquests equips d'il·luminació són els equips dels rètols lluminosos.

En el cas d'instal·lacions que presenten perills de risc de contacte elèctric perquè estan mullats o perquè són molt conductors com per exemple un casc d'un

vaixell, els equips d'il·luminació portàtil haurien d'estar alimentats per fonts d'alimentació amb una tensió no superior als 24 V.

## 2.6 Qualitat en el subministrament elèctric als receptors

Les xarxes elèctriques d'alimentació i distribució han de subministrar un producte de qualitat, i per això cal establir quins són els índexs, recomanacions i normativa implicats, és a dir, els **estàndards de la qualitat de l'energia elèctrica**.

A causa de la presència cada vegada més notòria de càrregues de tipus no lineal emmarcades en diferents àmbits de consum de l'energia elèctrica al llarg dels darrers anys, han sorgit diversos problemes relacionats amb la qualitat del subministrament elèctric, tenint aquests com a origen el conegut comportament d'aquestes càrregues en els sistemes elèctrics. És per això, que l'expressió "**qualitat de l'energia elèctrica**" implica una sèrie d'objectius tècnics i comercials en els quals estan implicats les empreses generadores, de transmissió i transport d'energia, de distribució, i finalment el consumidor final.

Diferents organismes internacionals (IEC, IEEE, etc.) coneixedors del problema, juntament amb els subministradors, els clients i els fabricants de material elèctric i electrònic, associacions de professionals del sector, administracions públiques de diferents països i, en definitiva, tothom implicat d'alguna manera en la generació, transport i consum d'energia elèctrica, han elaborat una extensa normativa reguladora d'aplicació, que té com a objectiu **unificar criteris** a l'hora d'abordar el problema de la qualitat de l'energia elèctrica.

En el passat, les companyies elèctriques subministradores tractaven els consumidors com a càrregues. Les interrupcions i altres pertorbacions del subministrament de tensió formaven part del tracte, i era la mateixa companyia qui decidia els aspectes que s'havien de millorar en cada moment.

Avui dia, als consumidors es tracten com a clients, i se'ls ha de subministrar un producte amb unes determinades característiques, les quals han de ser mesurades, controlades, previstes i garantides. És per això que cal una normativa que reguli les característiques d'aquest producte, la manera en què s'ha de subministrar al consumidor, i les responsabilitats de cadascuna de les parts.

Prenent com a referència aquestes consideracions, no tan sols la qualitat de la forma d'ona de la tensió de subministrament està implicada directament en la qualitat de subministrament de l'energia elèctrica, sinó que, a més a més, s'exigeix per part dels agents implicats en la generació, transport i distribució d'energia elèctrica, altres aspectes com garanties de subministrament, disponibilitat, preus competitius conseqüència de la liberalització del mercat elèctric, bonificacions, etc.

Al seu torn, la mateixa qualitat de la forma de l'ona de la tensió d'alimentació està directament implicada en la forma d'ona dels corrents subministrades pel propi

### La Directiva europea 85374EC...

...cataloga l'electricitat com un producte, de manera que, d'ençà 1985, els seus productors-subministradors queden subjectes a les responsabilitats associades als danys causats per un producte defectuós.

sistema, i que està directament relacionada amb el tipus de consum que fan els clients. Es a dir, el tipus de receptors que hi hagi connectats.

És per això que la **normativa** implicada en el control dels corrents subministrats pel sistema d'alimentació demostra que és fonamental per poder mantenir un equilibri generació-consum sostenible.

### 2.6.1 Característiques de la qualitat de l'ona de tensió (UNE-EN 50160)

El Reial decret 1995/2000, pel qual es regulen les activitats del sector elèctric, destaca la necessitat de tenir una bona qualitat del producte que es ven, és a dir, de l'ona de tensió en les xarxes elèctriques.

L'energia elèctrica arriba al consumidor per mitjà d'una xarxa que pot fallar per avaries o causes externes com llamps, obertures indegudes d'elements de maniobra, defectes o fallades, etc. A més, s'ha d'atendre al fet que hi ha nombrosos clients als quals el consum elèctric fa variar la càrrega del sistema i amb això la caiguda de tensió, per la qual cosa es fa necessari adaptar la càrrega a la demanda per evitar problemes de subministrament com variacions de freqüència, sobretensions, etc.

El Reial decret 1995/2000 remet a la norma UNE-EN 50160 per definir la qualitat del producte, i fixa els valors admissibles de les possibles pertorbacions en l'ona de tensió en el punt de lliurament al client. Fonamentalment, en aquest estàndard estan considerats aspectes implicats en la qualitat del subministrament d'energia elèctrica, com valor eficaç de la tensió de subministrament, freqüència, interrupcions del servei, buits i altres termes implicats que cal desenvolupar i analitzar a continuació.

En desenvolupar l'estàndard, es consideren les definicions següents:

- **Punt de subministrament** és el punt d'enllaç de la instal·lació del client amb la xarxa general.
- **Tensió d'alimentació** és el valor eficaç de la tensió en un moment en un punt de subministrament.
- **Tensió nominal** (d'una xarxa) o **tensió assignada**  $U_N$  és la tensió que caracteritza la xarxa.
- **Tensió d'alimentació declarada**  $U_C$  normalment és igual a la tensió nominal de la xarxa  $U_N$ , però pot ser diferent si així ho han acordat per endavant la companyia subministradora i el client.
- **Variació de la tensió d'alimentació** és l'augment o la disminució de la tensió normalment provocada per la variació de càrrega en tota la xarxa de distribució o en una part d'aquesta.

---

L'ona pot patir diferents pertorbacions que la distorsionen i l'allunyen de la forma ideal.

---

- **Variació de la tensió normalitzada.** La tensió normalitzada entre fase i neutre és de 230 V.

La variació de la tensió s'entén com l'augment o disminució de la tensió normalment provocada per la variació de càrrega a tota o a una part de la xarxa de distribució. La taula 2.4 mostra les condicions normals d'exploració.

**TAULA 2.4.** Variació de tensió

Variació	Durada
$U_N +10\% -10\%$	Durant el 99,5% d'una setmana (valors mitjans en 10 minuts)
$U_N +10\% -15\%$	Durant el 100% del temps (valors mitjans en 10 minuts)

**Freqüència.** El valor de la freqüència nominal és de 50 Hz. En condicions normals de funcionament la variació de la freqüència mesurada en els períodes de deu segons és la que mostra la taula 2.5.

**TAULA 2.5.** Freqüència

Percentatge	Durada
50 Hz +1% -1% (de 49,5 a 50,5 Hz)	Durant el 99,5% d'un any
50 Hz +4% -6% (de 47 a 52 Hz)	Durant el 100% del temps

Xarxes acoblades per a connexions síncrones en un sistema interconnectat

La **variació de freqüència** es produeix quan la demanda d'energia és superior a la generada (baixarà la freqüència) o quan es produeix més que es consumeix (augmentarà la freqüència). El sistema elèctric disposa de mitjans de regulació que ajusten la demanda-generació, que eviten, en condicions normals, la variació de la freqüència.

#### Efectes de la variació de la freqüència

Entre els efectes que pot produir una variació de la freqüència cal esmentar la variació de la velocitat de les màquines rotatives i la variació de la potència dels motors, mal funcionament dels rellotges elèctrics connectats a la xarxa, alteració dels equips electrònics que utilitzen la freqüència com a referència de temps, vibracions en turbines.

**Buits de tensió.** Un buit o forat de tensió és el descens del valor de la tensió d'alimentació fins a un valor situat entre l'1% i el 90% de la tensió declarada. Un buit de tensió té una durada estimada d'entre 10 ms i 1 minut, i posteriorment es restableix el valor nominal de la tensió.

#### Causes i efectes

Es produeixen per increments bruscos de corrent que produeixen la caiguda de tensió. Normalment es produeixen per curtcircuits, o per arrencada de grans càrregues. La major part dels buits té una profunditat del 60% i tenen una durada inferior a un segon.

Atenent a les conseqüències d'aquestes perturbacions en diferents àmbits d'utilització es poden destacar els efectes sobre motors, es produeix una reducció del parell motor; introducció de senyals erronis en sistemes electrònics de control en temps real; pèrdua d'informació en sistemes informàtics, etc.

En definitiva, els receptors més sensibles als buits de tensió són els que disposen d'un circuit electrònic per al control del seu funcionament, proteccions, circuits de comandament i control en automatització industrial, sensors, làmpades de descàrrega, etc.

**Tall de tensió (interrupció).** Una interrupció de l'alimentació és una pertorbació de la tensió d'alimentació en la qual la tensió declarada baixa fins a un valor inferior a l'1%.

El tall de tensió pot ser previst quan està programat i els clients han estat informats, o accidental en quan les interrupcions poden ser breus amb una durada de fins a tres minuts o llargues quan sobrepassen els tres minuts.

En condicions normals d'explotació el nombre anual d'interrupcions breus pot variar de desenes a algunes centenes amb una durada inferior a un segon. Les interrupcions llargues poden estar compreses entre deu i cinquanta segons les zones geogràfiques.

La seva existència es deu a l'actuació d'elements de protecció de xarxes elèctriques davant curtcircuits i fallades. Els efectes són similars als produïts per buits de tensió, però més severos, i la gravetat s'incrementa com més gran és la durada del tall.

**Sobretensió (temporal).** Es produeix quan el valor eficaç de la tensió supera el 110% del valor nominal. El temps de durada és relativament llarg. El valor no sol passar del 20%, però la tensió fase-neutre pot arribar a la tensió de línia a causa del desplaçament del neutre en una xarxa trifàsica. Degut a la manca d'una transformador aigües amunt de la xarxa es poden produir sobretensions al costat de baixades de tensió que no passen el valor d'1,5 kV.

#### **Causes i efectes de la sobretensió temporal**

La seva presència es deu a una regulació inadequada de la tensió de sortida de transformadors, variacions de càrrega brusques, canvis de la font d'alimentació amb generació pròpia o desconnexió de grans càrregues.

Els efectes de les sobretensions són sobrecorrents que poden afectar els dispositius electrònics de potència, les fonts d'alimentació de circuits de control o plataformes d'automatització industrial basades en autòmats programables. Si la durada és llarga, els dispositius elèctrics patiran escalfaments i es poden produir avaries. Els llums d'incandescència donaran un flux lluminós superior mentre que les làmpades de descàrrega no quedaran gaire afectades.

**Impuls (sobretensions transitòries).** Les sobretensions transitòries que anomenem *impulsos* es deuen a una variació brusca en el valor instantani de la tensió que pot assolir valors superiors a diverses vegades la tensió nominal.

Aquesta pertorbació s'acostuma a estudiar a partir dels valors instantanis i no dels valors eficaços de tensió. El temps de pujada és molt petit, i pot variar entre menys d'un microsegon fins a diversos mil·lisegons. L'impuls transitori pot ser oscil·latori o no, i és fortament esmorteït. El valor no sol passar de 6 kV (valor cresta).

### Exemples de sobretensió transitòria i els seus efectes

Els elements de tall poden produir un impuls d'1 kV amb una freqüència inferior a 10 kHz i una durada inferior a cent microsegons. Les descàrregues atmosfèriques poden produir impulsos de 5 kV amb una freqüència entre 10 kHz i 1 MHz i una durada compresa entre un i cent microsegons.

Acostuma a ser deguda a maniobres a la xarxa, tensions induïdes per rajos, connexions i desconexions d'elements de la xarxa, commutació de bateries de condensadors, commutació de dispositius electrònics en convertidors de potència, etc.

Els transformadors, motors, cables, aparellatge suporten normalment els impulsos sense problemes, tot i que a mesura que l'amplitud dels impulsos, la seva durada i freqüència són més grans, més es redueix la vida de la maquinària. Els equips electrònics poden quedar destruïts, les fonts d'alimentació d'equips de control i ordinadors poden suportar normalment els impulsos, però es poden introduir alteracions en el funcionament d'aquests sistemes si la pertorbació és considerable.

**Subtensions.** Es produeix quan el valor eficaç de la tensió està per sota del 90% del valor nominal. Es pot establir com a temps de durada valors superiors a un minut, durant els quals el valor eficaç de la tensió pot baixar fins al 80% del valor nominal.

### Efectes de les subtensions

Les conseqüències de les subtensions són similars als efectes produïts per les sobretensions, i s'agregen en el cas de les línies insuficientment dimensionades. Els efectes en màquines que funcionen a parell constant es tradueixen en augments d'intensitat absorbida per la maquinària i escalfaments. Alguns receptors poden deixar de funcionar quan es produeixen aquest tipus de pertorbacions. Com a exemples de conseqüències es poden esmentar que els motors en l'arrencada no tindran el parell suficient, els relés es poden desconnectar, les làmpades d'incandescència oferiran menys flux lluminós i les de descàrrega potser que no funcionaran.

**Fluctuacions de la tensió.** Bàsicament consisteix en variacions consecutives de la tensió que acostumen a sobrepassar la tensió nominal entre el  $\pm 5\%$  i el  $\pm 10\%$  durant instants de temps que es poden establir entre diverses mil·lèsimes de segon fins deu segons.

Les fluctuacions en la tensió es produeixen a causa del funcionament dels receptors, els quals varien la seva càrrega de manera ràpida i produeixen una caiguda de tensió variable en la xarxa.

### Maquinària propensa a les fluctuacions de tensió

Els forns d'arc, les instal·lacions de soldadura per arc o per resistències, molins de trituració, etc. són propensos produir fluctuacions de tensió. La seva aparició es deu a la mateixa instal·lació que els produeix o a les explotacions de clients pròxims.

Els efectes a les làmpades d'incandescència i de descàrrega són un parpelleig que provoca una sensació molesta a partir de certa amplitud de variació (efecte *flicker* o de parpelleig) i també afecta sistemes de monitoratge i televisió.

**Desequilibri de tensió.** En la tensió es produeix desequilibri quan hi ha diferències entre les tensions d'un sistema trifàsic, pel que fa al valor eficaç o a l'angle de desfasament. En condicions normals d'explotació per a una setmana, el 95% dels valors mitjans cada deu minuts del component invers de la tensió ha de ser del 0% al 2% del component directe.

Els desequilibris de tensió es deuen principalment a la connexió de càrregues monofàsiques que no són distribuïdes uniformement entre les tres fases, especialment si són de gran potència, i produeixen escalfament en els debanats de les màquines, la qual cosa pot provocar pèrdues i l'envelliment, defectes en la tensió de sortida de rectificadors trifàsic i sobreintensitats notables al conductor neutre.

**Harmònics.** Els harmònics es caracteritzen per la deformació de l'ona sinusoidal pura ideal a causa de les característiques de voltatge-intensitat de les càrregues no lineals. La seva durada és present en la xarxa tot el temps en el qual actuen les càrregues.

En condicions normals de funcionament, en el període d'una setmana, el 95% dels valors eficaços mitjans de cada tensió harmònica en deu minuts no han de superar els valors indicats en les taules 10, 11 i 12. La taxa de distorsió harmònica total de la tensió subministrada no ha de sobrepassar el 8% (comprentent tots els harmònics fins a l'ordre 40).

**TAULA 2.6.** Harmònics senars no múltiples de 3

Ordre	Tensió relativa
5	6%
7	5%
11	3,5%
13	3%
17	2%
19/23/25	1,5%

**TAULA 2.7.** Harmònics senars múltiples de 3

Ordre	Tensió relativa
3	5%
9	1,5%
15	0,5%
21	0,5%

**TAULA 2.8.** Harmònics parells

Ordre	Tensió relativa
2	2%
4	1%
6...24	0,5%

Els equips i sistemes de característiques de tensió-corrent no lineal són els causants de la contaminació harmònica, igual que equips que continguin dispositius electrònics de commutació (rectificadors, fonts d'alimentació, variadors de velocitat, arrencadors estàtics, estabilitzadors electrònics), equips d'arc elèctric (soldadura, forns...), equips ferromagnètics amb característiques no lineals de magnetització en condicions de saturació, etc.

### Efectes produïts pels harmònics

Els efectes més adversos dels harmònics són l'aparició de fenòmens de ressonància, fallades dels circuits de control que utilitzen formes d'ona sinusoidal com a referència, interferències telefòniques (problemes de compatibilitat electromagnètica), escalfament i envelliment prematur de màquines (motors, transformadors, etc.), deteriorament d'instal·lacions (gradients de tensió, perforació d'aïllants, etc.), corrents notables al conductor neutre, actuació de les proteccions a sobreintensitats indegudes de relés, proteccions, etc.

## 2.7 La CEM: la compatibilitat electromagnètica

El 20 de gener de 2005 va entrar en vigor la Directiva 2004/108/CE, relativa a l'aproximació de les legislacions dels estats membres de la Unió Europea en matèria de compatibilitat electromagnètica, aprovada pel Parlament Europeu el 15 de desembre de 2004, que en deroga una d'anterior de 1989, la qual havia quedat obsoleta davant de determinats desenvolupaments de la tècnica, com les comunicacions mitjançant els cables d'alimentació o potència.

Avui en dia, l'electrònica és a tot arreu: en els captadors, en els accionadors, en els sistemes de control i comandament de processos dels edificis i de la distribució elèctrica.

Tots aquests equipaments estan alimentats per la xarxa de baixa tensió (BT) i no han de ser sensibles a les diverses perturbacions electromagnètiques.

#### Els fabricants responsables...

...saben immunitzar molt bé els aparells, en altres paraules, saben controlar la susceptibilitat que els aparells tenen als fenòmens electromagnètics. Per a això, prenen com a referència les normes de compatibilitat electromagnètica, i fan que els seus aparells siguin avaluats per entitats que en certifiquen la qualitat.

Paral·lelament la normalització tendeix a minimitzar les perturbacions emeses pels pertorbadors o, dit d'una altra manera, tant important és que els aparells vagin protegits perquè les perturbacions electromagnètiques no els afectin com que no produeixin per sí mateixos perturbacions en els altres aparells.

La CEM s'ha de tenir en compte a l'hora d'estudiar la fabricació de materials electromagnètics, i també cal tenir-la en compte a l'hora d'instal·lar-los. Així, des de l'arquitecte que dissenya els edificis fins als cablejadors, sense oblidar els enginyers de disseny de xarxes i els instal·ladors, tots tenen alguna cosa a veure amb aquesta disciplina, la qual té com a objectiu fer conviure en bona harmonia materials susceptibles de ser pertorbats i els que poden ser fonts de perturbacions.

Del que es tracta és d'assolir una coexistència correcta entre electrotècnica i electrònica, entre la potència i el senyal. I perquè aquesta coexistència sigui bona, cal minimitzar les perturbacions de les fonts i evitar les connexions entre la font i la víctima o element potencialment pertorbat.



Qualsevol aproximació a la CEM implica l'estudi d'un sistema compost per tres elements:

- el generador de pertorbacions o font
- la propagació o acoblament
- l'element pertorbat o víctima

Encara que aquests tres elements no són estrictament independents, a la pràctica es tracten com si ho fossin.

#### Les equacions de Maxwell

L'estudi teòric de les pertorbacions electromagnètiques és difícil, ja que està molt relacionat amb l'estudi de la propagació de les ones electromagnètiques descrit per un conjunt d'equacions diferencials complexes que coneixem amb el nom d'*equacions de Maxwell*, amb les quals es descriu el comportament dels fenòmens electromagnètics.

Aquestes equacions generalment no es poden resoldre de manera exacta en les estructures físiques reals, fins i tot amb els sistemes informàtics més potents resulta molt difícil aconseguir un resultat numèric prou aproximat. A la pràctica, cal tractar els problemes de compatibilitat electromagnètica utilitzant un cert nombre d'hipòtesis simplificadores, usant models i, sobretot, recorrent constantment a l'experimentació i a la mesura.

### 2.7.1 Generadors de pertorbacions electromagnètiques

El coneixement de les fonts, millor encara, la seva identificació i mesura, és indispensable perquè permet determinar quina solució s'ha d'aplicar per:

- Limitar la pertorbació (per exemple, posar en paral·lel amb la bobina d'un contactor un bloc antiparàsit RC, si és en ca, o un díode, si és en cc).
- Evitar els acoblaments (per exemple, separar dos elements difícilment compatibles).
- Insensibilitzar les víctimes potencials (usant, per exemple, blindatges).

Una **font** és qualsevol aparell o fenomen fisicoelèctric que emet una pertorbació electromagnètica, per conducció o radiació. Com a causes principals de les pertorbacions cal destacar la distribució d'energia elèctrica, les ones hertzianes, les descàrregues electrostàtiques i el llamp.

En la distribució de l'energia elèctrica, gran part de les pertorbacions provenen de maniobres de tancament i obertura de circuits:

- **En BT**, les obertures de circuits inductius, com les bobines de contactors, motors, electrovàlvules, produeixen als borns d'aquests enrotllaments puja-

des de tensió molt importants i d'alta freqüència (alguns kV i desenes i fins i tot centenars de MHz),

- **En MT i AT**, l'obertura i el tancament dels elements de tall provoca l'aparició d'ones de front molt abruptes (d'alguns nanosegons). Aquestes ones pertorben, en especial, els sistemes amb microprocessadors.

Per a alguns equips electrònics, les ones hertzianes que provenen dels sistemes de televigilància i telecomandament, de comunicacions sense fil, són fonts de perturbació que poden arribar a ser d'alguns volts per metre. L'ús de tots aquests elements emissors va en augment, la qual cosa fa necessari endurir (protegir) aquests equips.

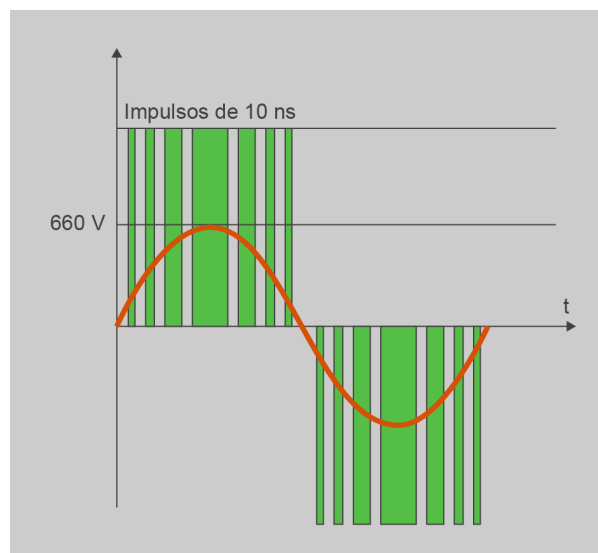
#### El cos, una font de perturbació

Cal tenir present que les persones es poden carregar electrostàticament, per exemple, mentre caminen sobre una moqueta.

Amb un temps fred i sec, el cos humà pot arribar a un potencial superior a 25 kV. Qualsevol contacte amb un equip electrònic provoca llavors una descàrrega elèctrica que pot afectar l'aparell per conducció o per radiació, i la rampa de pujada (molt curta, d'alguns nanosegons) produeix una gran quantitat de perturbacions.

En **electrònica de potència**, les fonts de perturbacions són principalment transi-tòries de tensió, i més rarament, de corrent. La tensió pot variar en uns quants centenars de volts en unes desenes de nanosegon. Un exemple d'això és la tècnica de generació d'una ona sinusoidal a partir d'una tensió contínua mitjançant la modulació d'amplada d'impuls (PWM). Vegeu la figura 2.13, en què es presenten variacions de tensió entre 0 i UCC (660 V en trifàsica rectificada) de temps molt curts, d'alguns nanosegons a microsegons, segons les tecnologies.

FIGURA 2.13. Convertidor de freqüència (inverter)



Aquestes variacions brusques de tensió produeixen diversos fenòmens pertorbadors, dels quals el més molest és la **circulació de corrent** a través de totes les **capacitats parasitàries**. El corrent, en mode comú, d'aquesta **capacitat paràsita**  $C_p$ , és

$$IMC = Cp \times \frac{dV}{dT}$$

Per tant, els valors de fronts abans esmentats sobre una capacitat paràsita de 100 pF són suficients per produir corrents de força centenars de mA. Aquests corrents pertorbadors circulen pel conductor de referència de tensió dels aparells electrònics (circuit 0 V) i poden modificar la informació (de dades o de programes) superposant als seus febles senyals, i fins i tot perjudicar altres equips en ser reinjectats a la xarxa de distribució pública.

Aquest tipus de fenòmens es podrien tractar i per tant controlar amb la CEM, fent més lenta la pujada de tensió. Però una solució com aquesta comporta un sensible augment de les pèrdues per commutació en els transistors, cosa que no seria gaire favorable des del punt de vista de les sobrecàrregues tèrmiques, ja que s'escalfaran molt. Una altra manera eficaç de reduir aquests corrents consisteix a augmentar la impedància de tipus comú (entre estructures i massa). Així, per exemple, per al muntatge dels compostos electrònics de potència, normalment s'utilitzen dues solucions:

- Deixar flotants (sense unió elèctrica) els radiadors de refrigeració dels components, quan les regles de seguretat de persones ho permeten.
- Disminuir la capacitat parasitària entre el component i el radiador, amb l'ús d'un aïllant amb una capa de dielèctric molt prima.

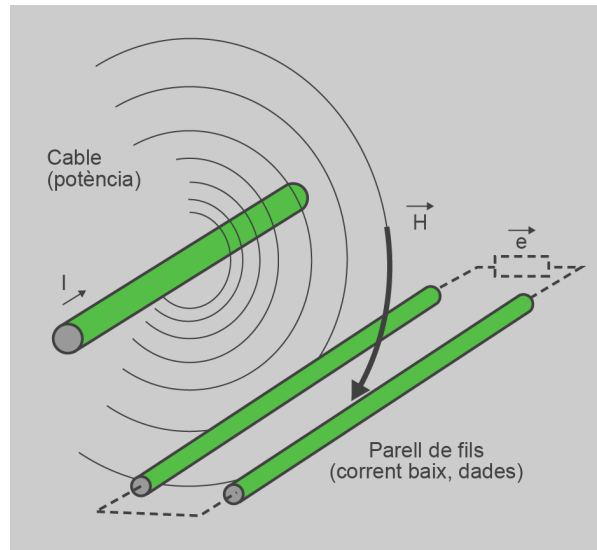
Totes aquestes precaucions són les que distingeixen un convertidor contaminant d'un convertidor que reinjecta el mínim nombre possible de perturbacions a la xarxa.

Cal assenyalar que l'electrònica de baix corrent (control i comandament) d'un convertidor ha d'estar, i ho està, protegida contra les perturbacions generades pels seus propis circuits de potència.

## 2.7.2 Acoblaments

Un camp electromagnètic es pot acoblar a qualsevol estructura filamentosa i, per tant, a tots els cables, i generar, en aquestes estructures, tensions de tipus comú (respecte a massa) o de tipus diferencial (entre fils) o de les dues classes (figura 2.14).

Aquests acoblaments es denominen **acoblaments de camp a cable** i són l'efecte d'antena (captadora) dels cables, de les pistes de circuits impresos, etc.

**FIGURA 2.14.** Acoblament

Una variació de corrent en un cable genera un camp electromagnètic que, a curta distància, es pot considerar purament magnètic i pot induir, doncs, una tensió pertorbadora en els cables que formen un bucle.

### 2.7.3 Víctimes

La víctima, en la **trilogia font-acoblament-víctima**, és qualsevol material susceptible de ser pertorbat. Es tracta generalment d'un equip que té una part electrònica i que presenta una disfunció causada per la presència de pertorbacions electromagnètiques generalment d'origen extern. Les disfuncions es classifiquen en quatre tipus:

- Permanent i que es pugui mesurar.
- Aleatori i no repetitiu que apareix al mateix temps que les pertorbacions.
- Aleatori i no repetitiu que persisteix després de l'aparició de les pertorbacions.
- Defecte permanent patit per l'equip (amb destrucció de components).

Hi ha nombroses disposicions constructives que permeten obtenir, a baix cost, materials que tenen una bona resistència a les pertorbacions electromagnètiques. Aquestes precaucions estan relacionades amb:

- El disseny de circuits impresos (respecte a la separació funcional de circuits, el seu traçat i forma de connexió)
- L'elecció de components electrònics
- La manera d'estar fetes les carcasses o envoltants
- La interconnexió de les masses
- El cablejat

Pel que fa als components electrònics i les carcasses, el que podem fer es comprovar que els receptors de la instal·lació compleixen la normativa de compatibilitat electromagnètica.

Pel que fa a la **interconnexió de masses**, la continuïtat elèctrica entre les diverses parts de la caixa és extremadament important. La seva connexió s'ha de fer amb cura tot protegint, per exemple, les zones de contacte de qualsevol dipòsit de pintura, però també utilitzant trenes amples i curtes (per reduir al màxim la impedància).

Pel que fa al **cablajat**, el blindatge de cables té molta importància, el qual, a vegades rep el nom de *pantalla*, que és una extensió de l'embolcall conductora que s'ha fet voltant de l'equip sensible. Aquest blindatge del cablajat ha d'estar connectat a la massa de l'envoltant de la manera més curta possible. A més hauria d'embolicar completament el perímetre dels cables, per a la protecció contra les perturbacions d'alta freqüència. Com en els acoblaments de camps electromagnètics amb una estructura de fil, la teoria sobre el blindatge de cables és molt complexa.

#### **Assolir la immunitat davant perturbacions electromagnètiques**

Tenint en compte totes aquestes regles de disseny i de fabricació s'arriba a aconseguir que el producte o el **sistema sigui immune** a les **perturbacions electromagnètiques** de manera suficient i considerant el medi en què està situat.

No obstant això, aquesta immunitat no es pot validar més que de manera experimental mitjançant mesures que permeten quantificar l'eficàcia de les diferents situacions. Així, el fabricant de relés electrònics, d'interruptors automàtics se sotmeten a un conjunt d'assajos molt estrictes, representatius de les pitjors perturbacions a què es poden veure sotmesos aquests relés.

L'objectiu final d'aquests assajos és verificar que el relé no dispari intempestivament, que l'interruptor automàtic obri adequadament i que, quan ha d'actuar, ho fa en el temps exigit. Les normes de fabricació per a productes elèctrics ja incorporen aquestes exigències.

## **2.7.4 Recomanacions a les instal·lacions**

En els estudis i en la implantació de la CEM poden influir especialment dos factors: l'elecció dels materials i la seva disposició relatives (figura 2.15).

L'elecció dels materials és un fenomen relacionat alhora amb la selecció de les fonts i amb la de les víctimes: un aparell escollit per a una funció donada pot ser més o menys generador de perturbacions i susceptible de patir-ne.

Per exemple, si dos aparells han de funcionar molt a prop l'un de l'altre, o bé han d'associar una font poc perturbadora i una víctima "ordinària" (mitjanament sensible), o bé, al contrari, han d'associar una font "ordinària" (mitjanament perturbadora) i una víctima poc sensible, o almenys satisfer un compromís entre els dos extrems.

I el segon factor, la disposició relativa dels materials, un factor que depèn

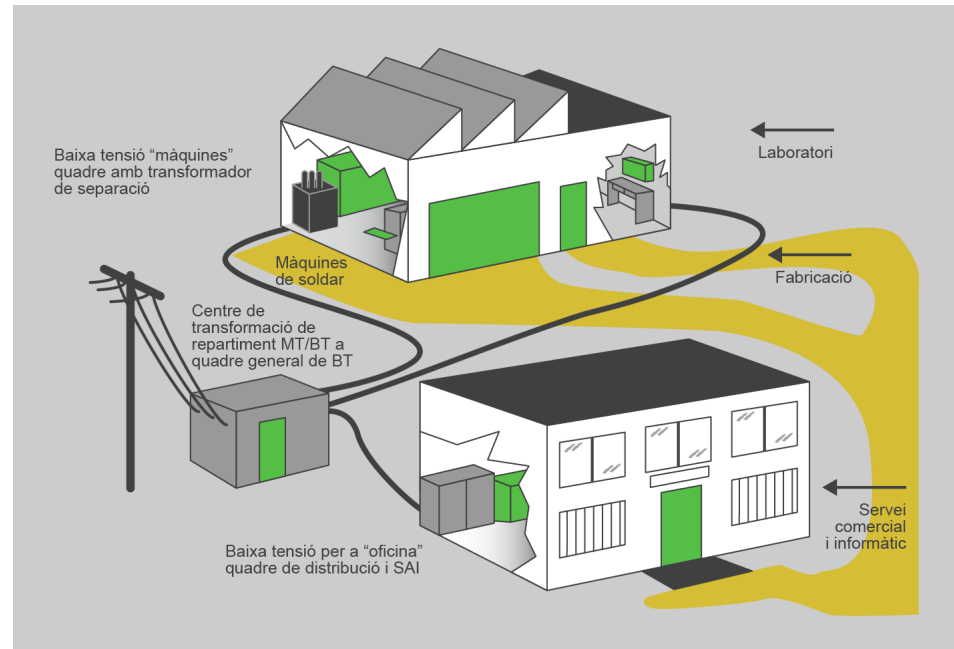
---

La selecció ha de tenir en compte tant el cost dels materials com el de la seva instal·lació.

---

directament del primer, consisteix a posar els components, ja escollits i definits, segons les seves característiques relatives per satisfer les necessitats de la CEM.

**FIGURA 2.15.** Exemple d'instal·lació CEM



El muntatge dels diferents elements obeeix als principis i enunciats dels apartats precedents. En la pràctica, tant d'una instal·lació elèctrica com d'un equip electrònic per satisfer els objectius de la CEM, caldrà estudiar i reduir tots aquests tipus d'acoblements que poden coexistir simultàniament.

#### **Recomanacions per evitar els camps magnètics**

Algunes recomanacions per minimitzar els camps magnètics radiants són:

- Evitar, tant com es pugui, l'ús de cables unipolars que generen, en cas de curtcircuit, un camp magnètic important.
- No separar el PE dels conductors actius o, si més no, utilitzar cables que integrin el PE.
- No utilitzar cables blindats on l'embolcall constitueix el PE (terra) o tubs d'acer com a conductor de protecció (el camp radiat pels conductors actius es bloqueja, i el PE genera un camp magnètic).
- Privilegiar els ECT que minimitzen els corrents de defecte d'aïllament (reducció de camp magnètic), etc.

Per **reduir o minimitzar el camp magnètic** cal aplicar diferents solucions o tècniques:

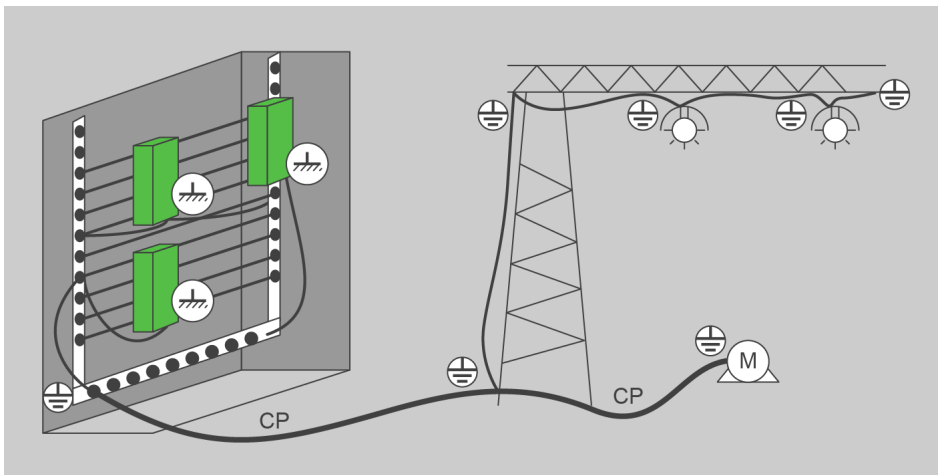
- La disposició en malla dels circuits i de les xarxes de masses i de terra
- La separació elèctrica de circuits
- Un cablejat ben pensat

## 2.7.5 Disposició en malla dels circuits i de les xarxes de masses

Actualment, els equips són sensibles a senyals de molt poca energia, a més contenen elements electrònics sensibles a les altes freqüències i estan connectats entre ells. Els acoblaments per impedància comú poden ser, per tant, freqüents. Per evitar-ho, és indispensable muntar una xarxa de terra tan equipotencial com sigui possible, més concretament, en **forma de malla**.

Aquesta solució és una de les primeres proteccions que s'han d'aplicar contra les pertorbacions. Així, en la xarxa d'una fàbrica, tots els cables de protecció (CP) s'han d'unir a les estructures metàl·liques existents tal com mostra la figura 2.16.

FIGURA 2.16. Malla de masses



De la mateixa manera, en un equip, totes les masses i les carcasses de l'aparellatge s'han d'unir de la manera més curta possible amb connexions (fils o trenes) de baixa impedància en alta freqüència (FA), amples i curtes, a una xarxa de massa en forma de malla.

### Els dispositius digitals

Cal assenyalar un canvi degut a la incorporació dels aparells digitals. El principi de masses unides en estrella, utilitzada antigament en els equips electrònics analògics sensibles a l'“arissament d'alterna de 50 Hz”, ha estat actualment abandonat a favor de les xarxes en forma de malla, molt més eficaços contra les pertorbacions que poden afectar els dispositius digitals actuals, relés de protecció i sistemes de control i comandament.

## 2.7.6 La separació elèctrica de circuits

Aquesta tècnica consisteix a separar les fonts d'energia (habitualment de 50 Hz o 60 Hz). El seu objecte és evitar que un equip sensible pateixi les pertorbacions conduïdes generades per altres equips connectats a la mateixa font d'alimentació.

El seu principi és que un equip sensible i un equip pertorbador tinguin dos alimentacions separades per impedàncies importants a les freqüències pertorbadores.

### Un exemple típic

El cablejat d'un armari elèctric és un exemple típic de xarxa en forma de malla: totes les masses s'han d'interconnectar.

Els transformadors (i no els autotransformadors) són separadors eficaços, particularment per a les baixes freqüències: transformadors d'aïllament i tots els transformadors d'entrada als aparells electrònics actuen com a limitadors de la propagació de pertorbacions per conducció.

De vegades, cal implantar un filtre separador que elimini les pertorbacions d'altres freqüències.

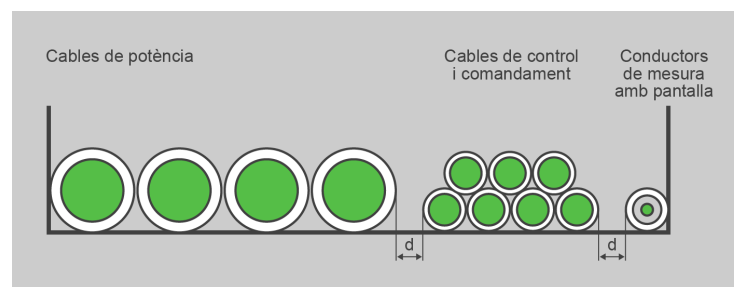
A més, si l'equip sensible necessita una alimentació d'emergència en cas de falta de xarxa, es pot alimentar amb un sistema d'alimentació ininterrompuda (SAI), si aquest SAI té el transformador o transformadors d'aïllament necessaris.

### 2.7.7 Un cablejat ben pensat

No tots els circuits es poden separar els uns dels altres per raons econòmiques evidents. Els cables s'han dividit per categories. El traçat de les diferents categories estarà físicament separat. En particular s'agruparan els cables de potència d'una banda i els cables de baix nivell (telefonía, Ethernet, control i comandament) de l'altra.

Si el nombre de canaletes, safates de cables o regates ho permeten, els cables de potència, amb una intensitat que sobrepassi en alguns amperes 230 V, i els cablejats de baix nivell estaran en safates separades. Si no, s'ha de respectar una distància mínima entre les dues categories, d'uns 20 cm (figura 2.17).

FIGURA 2.17. Safata CEM



Entre aquests dos grups de cables s'ha d'evitar amb cura qualsevol element comú. Els circuits de senyal o d'informació (de baixa intensitat) han de tenir, sempre que es pugui, un cable de retorn (0 V) per evitar els acoblaments per impedància comuna.

Concretament, la major part de sistemes de comunicació per bus necessiten un parell de fils estrictament i exclusivament reservat a l'intercanvi d'informacions.

En tots els casos, la superfície global de qualsevol bucle, és a dir, la distància entre un conductor i el seu retorn, ha de ser mínima. Per la transmissió de dades, el retorçat de línies permet disminuir la susceptibilitat dels acoblaments de tipus diferencial. L'ús de parells retorçats és preferible al d'un parell paral·lel simple.



Els cables de mesura i de transmissió d'informacions a baix nivell han de tenir, si és possible, pantalla i, llevat del desig exprés del proveïdor, aquesta pantalla està unida a massa en el màxim nombre possible de punts.

Les canaletes que fan de suport de la conducció de cables han de ser, en la mesura que sigui possible, metàl·liques. Aquestes canaletes han d'estar interconnectades entre elles amb un bon contacte elèctric, amb cargols, per exemple, i interconnectades amb la xarxa de malla de massa.

Els cables més sensibles, els de mesura, per exemple, es posen en un angle lateral, de manera que es beneficiïn d'una protecció millor contra les radiacions electromagnètiques. La seva pantalla, si n'hi ha, s'ha de connectar freqüentment a la canaleta metàl·lica.

Totes aquestes precaucions de cablejat són molt eficaces en la prevenció de problemes de la CEM. Cal aplicar-les en la fase de disseny de la instal·lació. Les modificacions en una instal·lació que ja existeix amb acoblaments electromagnètics molt forts, tenen un cost molt més gran.

---

L'ús de canalitzacions prefabricades és molt aconsellable, ja que els cables ja hi van col·locats i connectats.

---



### 3. Instal·lacions de receptors escalfadors, motors i transformadors

Els receptors domèstics i sobretot els que tenen un consum energètic baix no tenen gaires complicacions pel que fa a la instal·lació elèctrica llevat de les normes bàsiques de seguretat. Però els aparells que tenen un gran consum o que tenen algun tipus de perill per la seva manera de funcionar necessiten complir una sèrie de consideracions perquè la instal·lació elèctrica i la seguretat de les persones no es vegin compromeses.

Els aparells o receptors escalfadors a més del fet d'escalfar tenen un gran consum elèctric. Presenten així perill per a les persones degut a les altes temperatures i perill per a les instal·lacions per l'escalfament. El primer perill, des del punt de vista d'una temperatura elevada, pot causar danys a les persones que es vegin sotmeses a aquestes temperatures. D'altra banda, els aïllaments elèctrics són de material plàstic, i una temperatura elevada fa que es facin malbé; una vegada l'aïllament ja no compleix la seva funció es poden produir curtcircuits entre els cables mal aïllants, la qual cosa provoca encara més escalfament. Aquesta acostuma a ser la causa principal dels incendis per motius elèctrics. És per tot això que aquest tipus d'instal·lacions necessiten una consideració especial i es tracten en les instruccions ITC-BT-45 i ITC-BT-46.

#### Ús domèstic i ús industrial

Evidentment no tots els aparells escalfadors són iguals, els d'ús domèstic i els d'ús industrial tenen peculiaritats diferents, per exemple, pot ser que l'aigua hagi de formar part necessàriament del circuit escalfador per a un procés industrial.

En l'entorn domèstic no cal que l'aigua formi part del circuit escalfador per la seva perillositat, així doncs, en l'entorn domèstic, aquest sistema està prohibit.

En la indústria, el sistema d'escalfament en què l'aigua forma part del circuit es permet però el personal que l'utilitza ha de tenir la formació adequada pel que fa als riscos professionals de l'ús d'aquest sistema d'escalfament.

Els motors i transformadors elèctrics són unes de les càrregues més importants a dintre del consum d'energia elèctrica, sobretot en la indústria. El moment d'engegada de transformadors i motors és un moment en què els corrents arriben fàcilment a ser el triple que durant el funcionament normal o corrent nominal. És obligatori l'ús de sistemes que redueixin el corrent d'engegada a partir dels motors d'un cavall de potència (ITC-BT-47). L'engegada de motors s'hauria de fer amb el motor sense càrrega, però aquesta condició és gairebé sempre inviable; per exemple, en els aparells elevadors, la càrrega és el pes a elevar, i quan el motor es posa en marxa la càrrega ja és dins de l'elevador, així que té una arrancada amb càrrega.

#### El càlcul dels cables

Els cables que alimenten les instal·lacions amb transformadors i motors no es calculen per la intensitat nominal del motor, cal multiplicar-la per un factor correctiu. Si, a més, el motor té una engegada amb càrrega com es el cas dels elevadors, cal multiplicar per un

segon factor corrector. El resultat és un cable molt més gruixut que el resultat per proveir la intensitat nominal. Està pensat per proveir el corrent d'engegada.

### 3.1 Aparells d'escalfament (ITC-BT-45)

En la secció "Annexos" del web d'aquest mòdul podeu consultar la ITC-BT-45 completa.

Els aparells elèctrics d'escalfament són els que transformen l'energia elèctrica en calor.

Com qualsevol part de la instal·lació elèctrica, els materials s'han d'usar de la manera i amb la finalitat per a les quals van ser fabricats. Els aparells d'escalfament no són una excepció, tot al contrari, la qualitat dels materials i les comprovacions perquè aquests no arribin a ser un perill per a persones i béns és molt important. És fàcil deduir els problemes de seguretat que es poden derivar d'un equip que arriba a temperatures elevades, des del deteriorament dels materials aïllants fins a un consum excessiu d'energia i, en el pitjor dels casos, accidents, cremades a persones o, fins i tot, incendis greus.

Els materials i equips que utilitzarem a les instal·lacions d'escalfament han de contenir com a mínim les indicacions següents:

- Identificació del fabricant, representant legal o responsable de la comercialització
- Tensió i potència (o intensitat assignades)
- Qualsevol altra indicació referida a l'ús específic del material o de l'equip assignats pel fabricant



James Joule (1818-1889)

Els organismes i les entitats certificadores de les administracions de les comunitats autònomes han de verificar que es compleixen les exigències tècniques dels materials i equips que s'instal·len a la seva comunitat. La verificació es pot fer per mostreig.

Això vol dir que no cal verificar totes les instal·lacions, només cal verificar-ne unes quantes i després extrapolar el resultat al total de les instal·lacions. Així es poden estalviar recursos i alhora obtenir resultats semblants als que s'assolirien si es fes un estudi de totes les instal·lacions.

El principi físic en què es basen els escalfadors elèctrics es el conegut **efecte Joule**, que és una aplicació del principi de conservació de l'energia, la transformació de l'energia elèctrica en calor.

$$Q = R \times I^2 \times t$$

on Q és la quantitat t de calor expressada en joules (J); R és la resistència expressada en ohms ( $\Omega$ ); I és la intensitat expressada en amperes (A), i t és l'interval de temps expressat en segons.

Un milió de joules és un quart d'hora d'escalfament produït per un radiador de 1.000 W.

**Exemple 1: càlcul de la quantitat de calor, energia consumida i cost.**

Una planxa elèctrica té una resistència de  $46 \Omega$  i consumeix 5 A. Quina quantitat de calor produeix en una hora? Quina energia consumeix si s'utilitza durant quatre hores? Quant costa l'energia consumida si el kilowatt hora (kWh) val 0,30 €?

I. Quina quantitat de calor produeix en una hora? Quina energia consumeix si s'utilitza durant quatre hores?

Primer calcularem la calor produïda:

$$Q = 46 \times 5^2 \times 3.600 = 4.140.000J$$

L'energia o el calor produïts en 4 hores és igual a

$$4 \times 4.140.000 = 16.560.000J$$

Recordeu que

$$\frac{J}{s}$$

o el que és el mateix

$$W \times s = J$$

La qual cosa vol dir que l'energia també es pot expressar en joules o en watts per segons.

Així doncs, l'energia de 16.560.000 J = 16.560.000 Ws

El watt per segon o joule és una unitat massa petita per als consums normals d'electricitat, com veieu, una senzilla planxa, quina quantitat tan elevada de watts per segon consumeix. Per això, en comptes de la unitat watt per segon (Ws) s'utilitza el watt hora (Wh), a la qual s'arriba dividint per 3.600 la quantitat de joules o watts per segon:

$$\frac{16.560.000}{3.600} = 4.600Wh$$

II. Quan costa l'energia consumida si el kilowatt hora val 0,30 €?

Les companyies donen el preu en kilowatts hora (kWh); així doncs, cal dividir entre 1.000 per passar la quantitat d'energia consumida en quatre hores a kilowatts.

$$4,6 \times 0,30 = 1,38€$$

Aquest problema també es podria haver resolt calculant directament l'energia elèctrica consumida en comptes de la calor produïda. Pel principi de la conservació de l'energia, la quantitat d'energia elèctrica consumida és igual a la quantitat de calor produïda. Si es consumeixen 5 A, es consumiran  $230 \cdot 5 = 1.150 W$ .

En quatre hores es consumiran

$$4 \times 1.150 = 4.600W = 4,6kW$$

Que a 0,30 € per kilowatt hora dóna una despesa de

$$4,6 \times 0,30 = 1,38€$$

**3.1.1 Ús domèstic**

En l'àmbit domèstic s'utilitza l'energia elèctrica per a l'escalfament. Cal tenir en compte que els aparells d'escalfament, que aprofiten l'efecte Joule, és a dir, aparells que disposen d'una resistència que s'escalfa quan hi passa un corrent

elèctric, tenen un consum molt elevat. El consum elevat es tradueix en un corrent elèctric elevat, i els corrents elèctrics elevats comporten cables amb unes grans seccions i un consum d'energia elèctrica elevat.

Els aparells d'escalfament d'ús domèstic tenen un consum elèctric elevat, és a dir, potències elevades, la qual cosa significa consums energètics elevats.

És per això que si els sistemes d'escalfament de la casa funcionen amb energia elèctrica cal que ho facin aprofitant la tarifa nocturna per treure més rendiment econòmic a la instal·lació al llarg del seu temps d'utilització.

#### **Tarifa nocturna d'energia elèctrica**

Com sabeu, l'energia elèctrica té diferents tarifes depenent de l'hora en què es consumeix. Això és perquè l'energia elèctrica té un sistema de producció que fa que la potència subministrada sigui constant, però la potència que demana la població no és constant.

Per exemple, a les nits, el consum és molt més baix que durant el dia. Per a consums baixos i que inevitablement s'han de fer durant el dia no es pot fer res. Però l'escalfament és un procés lent, el qual es pot fer a les nits, quan el consum d'energia elèctrica disminueix i és més barat, i aprofitar durant el dia la calor generada a la nit anterior, per tornar a recarregar a la nit següent.

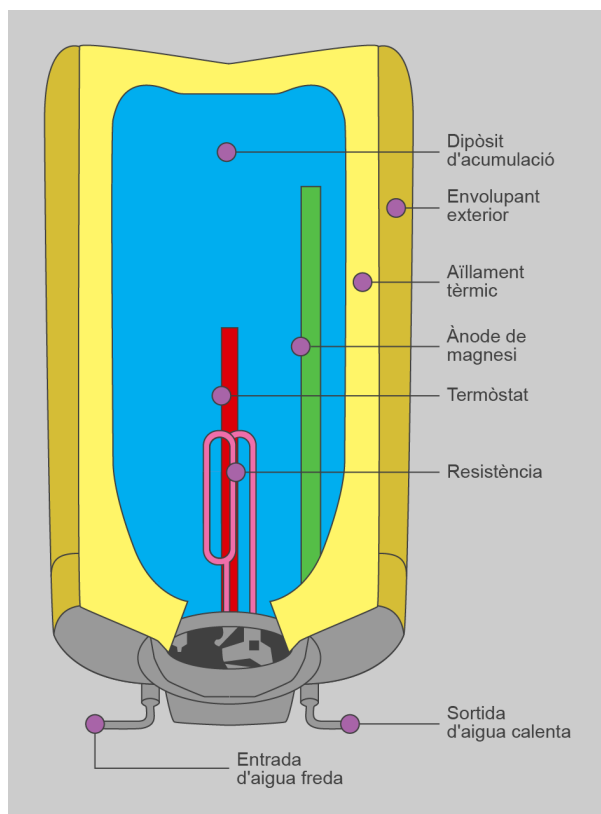
A més de l'escalfament també es poden programar aparells com rentadores, rentaplats o assecadores, els quals acostumen a fer un gran consum quan han d'escalfar aigua perquè funcionen en les hores en què la tarifa és més econòmica. Altres aparells com per exemple el frigorífic, els llums i els aparells d'entreteniment (televisió, ordinadors, etc.) no és factible utilitzar-los amb les tarifes nocturnes, però el consum d'aquests aparells és molt més baix.

**Aparells que escalfen líquids (domèstics).** Per escalfar els líquids el normal és aprofitar l'escalfament d'una resistència submergida en el líquid que es vol escalfar. Aquest sistema pot plantejar problemes de seguretat. La resistència ha d'estar aïllada elèctricament del líquid que escalfa. Si el líquid que escalfa la resistència és conductor com ho és, per exemple, l'aigua, es podria quedar en tensió i provocar accidents. És per això que les resistències d'escalfaments han d'estar aïllades elèctricament.

Queden **prohibits** per a usos domèstics els aparells que vagin proveïts d'elements d'escalfament nus submergits en aigua, com també aquells en què l'aigua formi part del circuit elèctric.

La major part dels sistemes elèctrics d'escalfament utilitzen el termo o escalfador elèctric d'aigua (figura 3.1), el qual escalfa l'aigua i l'emmagatzema calenta. Hi ha altres tipus d'escalfadors com ara la bomba de calor, però aquestes instal·lacions s'utilitzen amb més freqüència en instal·lacions centralitzades del sector serveis i no per fer-ne un ús domèstic.

La figura 3.1 mostra un acumulador elèctric d'aigua calenta i les seves parts.

**FIGURA 3.1.** Les parts d'un escalfador elèctric d'aigua

L'acumulador d'aigua calenta està format pels components bàsics següents:

- Dipòsits d'acumulació de l'aigua\*, els quals poden ser d'acer, coure, acer inoxidable o material plàstic; en general, són d'acer amb un recobriment anticorrosiu de tipus galvanitzat, a base d'esmalt vitrificat o de resines elàstiques.
- Resistència elèctrica d'escalfament, la qual és de tipus blindat, normalment submergida a l'aigua.
- Termòstat, el qual controla la temperatura de l'aigua, segons el valor que l'usuari ha escollit o que el fabricant ha establert.
- Recobriment d'aïllament tèrmic, per mantenir la temperatura de l'aigua emmagatzemada. El material més comú per a aquest revestiment tèrmic és l'espuma de poliuretà.
- Embolcall exterior, el qual és fabricat en xapa d'acer pintada, generalment de blanc, i que tanca tot el conjunt.

Quan el dipòsit és d'acer galvanitzat o esmaltat, convé que l'escalfador incorpori un ànode de magnesi per garantir la protecció contra la corrosió, sobretot si l'aigua té molta calç. Aquest ànode es desgasta amb el temps i cal canviar-lo de manera periòdica.

Alguns escalfadors disposen d'un comandament que permet regular el termòstat, la qual cosa fa possible que l'usuari seleccioni la temperatura de l'aigua. En altres

models, el termòstat no és accessible a l'usuari i està regulat pel fabricant a una temperatura fixa entorn dels 60 °C.

#### En cas de fallada del termòstat...

...per evitar escalfaments excessius, el termo elèctric disposa d'un limitador tèrmic de seguretat que desconnecta la resistència.

#### Escollir un escalfador d'aigua

L'escalfador d'aigua es pot escollir tenint en compte diferents aspectes:

- La modalitat de la tarifa elèctrica
- La quantitat d'aigua necessària
- La temperatura de l'aigua calenta

La tarifa elèctrica és recomanable que sigui amb discriminació horària per tenir un aprofitament òptim del sistema mitjançant l'escalfament nocturn de l'aigua.

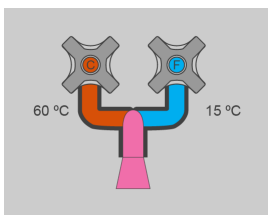
Pel que fa a la quantitat d'aigua calenta, depèn del nombre de persones que hi ha a l'habitatge de l'equipament de les instal·lacions sanitàries i dels hàbits de cada persona.

La temperatura d'acumulació de l'escalfador de l'aigua no ha de ser superior a 60 °C, perquè a temperatures superiors es produeixen fenòmens de corrosió, que faciliten la formació d'incrustacions calcàries i augmenten les pèrdues de calor de l'escalfador i de les canonades de la instal·lació.

Els escalfadors elèctrics tenen típicament les capacitats que apareixen en la taula 3.1.

TAULA 3.1. Capacitat dels escalfadors d'aigua elèctrics

Capacitat de l'escalfador (litres)	Gamma de potències (W)
100	1.000-1.500
150	1.500-2.000
200	2.000-3.500
300	3.000-3.500



Mescla d'aigua calenta i freda

La temperatura d'ús de l'aigua calenta sempre és més baixa que la temperatura de l'aigua acumulada. Aquesta temperatura més baixa s'aconsegueix barrejant l'aigua freda de la xarxa amb la calenta de l'escalfador. Així, un escalfador pot proporcionar un volum d'aigua superior al de la seva capacitat. Per exemple, si necessiteu 36 l d'aigua a 40 °C per a una dutxa, en realitat utilitzeu 20 l d'aigua de l'escalfador a 60 °C, la resta és aigua freda de la xarxa de subministrament.

Si utilitzem les tarifes amb discriminació horària cal posar més capacitat d'aigua, encara que la potència sigui més petita, perquè tenim les hores de tarifa reduïda per escalfar l'aigua. Per a aquest tipus de tarifes es recomanen les capacitats d'aigua que assenyalen la taula 3.2.

TAULA 3.2. Capacitat recomanada de l'escalfador

Nombre de persones	Capacitat de l'escalfador (litres)
1-2	100-150
3-4	150-200
5-6	200-300

Aquesta quantitat d'aigua calenta emmagatzemada es pot aconseguir amb dos



esclafadors, segons la distància fins als punts de consum. Si la distància és superior a 8 m o 10 m, és preferible col·locar dos aparells per limitar les pèrdues de calor a les canonades.

L'escalfador d'aigua elèctric es pot instal·lar a qualsevol local, no cal que hi hagi ventilació, ni xemeneia, ni sortida de gasos. Només cal tenir en compte les canalitzacions d'aigua i les d'electricitat.

Per millorar el rendiment i que les pèrdues de calor siguin poques cal situar-lo al més a prop possible dels punts de consum. Sempre tenint en compte que és un aparell elèctric i que ha de respectar els volums de prohibició dels locals que tenen banyera o dutxa (ITC-27).

#### **Recomanacions d'ús**

Per a l'ús dels escalfadors elèctrics cal respectar una sèrie de recomanacions que permeten que l'aparell tingui una durada més llarga i consumeixi menys energia:

- Utilitzar un escalfador d'aigua amb dipòsit resistent a la corrosió i compatible amb el tipus d'aigua del subministrament de la localitat. Cal que disposi d'ànode de magnesi, quan el material del dipòsit ho necessiti.
- Fixar la temperatura d'acumulació a uns 60 °C, d'aquesta manera evitarem pèrdues de calor i allargarem la vida de l'escalfador.
- Si no s'ha d'utilitzar durant períodes superiors a tres o quatre dies, és millor desconnectar l'aparell. Si s'ha de fer servir poc, el millor és reduir la temperatura del termòstat.
- Controlar periòdicament les vàlvules, sobretot la vàlvula de seguretat, i comprovar el bon funcionament del termòstat.

**Aparells que esclafen locals.** Els aparells d'escalfament de locals, evidentment, no s'han d'instal·lar en nínxols o caixes construïdes o revestides de materials combustibles. S'han d'instal·lar d'acord amb les instruccions del fabricant pel que fa a la distància mínima que els ha de separar de les parets, sòls superfícies o altres superfícies o objectes combustibles.

Encara que la paret sembli d'un material no combustible, els revestiments com són les pintures plàstiques o fins i tot els papers decoratius fan que la paret tingui una certa capacitat per inflamar-se.

En absència d'instruccions per part del fabricant de l'aparell escalfador elèctric, l'aparell s'ha d'instal·lar mantenint una distància mínima de 8 cm respecte a altres superfícies.

En el cas d'aparells de calefacció amb elements calefactores lluminosos darrera d'obertures reixades, heu de deixar una distància entre aquestes obertures i una altra superfície de 50 cm com a mínim.

**Cuines i forns.** Les cuines i forns elèctrics són elements que tenen un gran consum elèctric, és per això que la ITC-BT-25 obliga a fer un circuit, el C3, per a aquests elements de la instal·lació. Aquests aparells han d'estar connectats a la seva font d'alimentació per mitjà d'interruptors de tall omnipolar i les preses de corrent destinats únicament a ells mateixos.

Els elements dels forns i aparells de cocció que incorporen elements incandescents no tancats no es poden instal·lar en llocs que presentin risc d'explosió.

### 3.1.2 Ús industrial

Per a la indústria s'utilitza l'escalfament de moltes maneres, per escalfar líquids dels processos industrials, aparells de cocció i aparells per a soldadura elèctrica per arc. Cal tenir en compte que els aparells d'escalfament industrial destinats a estar en contacte amb matèries combustibles o inflamables han d'estar proveïts de les limitacions de temperatura que interrompi o redueixi l'escalfament abans que la temperatura arribi a ser perillosa, fins i tot en condicions d'avaria o mal ús.

Els aparells i màquines industrials són molt diversos i complexos, i normalment són fruit de moltes investigacions per part dels fabricants i proveïdors. En aquest tipus d'aparells és molt importat la documentació tècnica. En cas de qualsevol dubte sobre la temperatura a la qual pot arribar qualsevol màquina, el millor és consultar la documentació de la màquina o fins i tot posar-se en contacte amb els fabricants de la màquina, que us poden suggerir la millor manera de fer la instal·lació elèctrica, i també advertir sobre els possibles perills que representen temperatures màximes de funcionament entre altres qüestions.

### 3.1.3 Aparells industrials per a l'escalfament de líquids

Els aparells d'escalfament o reescalfament de líquids combustibles o inflamables, dotats d'un limitador de temperatures que interrompi o redueixi l'escalfament dels líquids abans que es pugui arribar a una temperatura perillosa fins i tot en condicions d'avaria o mal ús. Tot seguit trobareu assenyalats els principals, com també l'especificació de les prescripcions que el Reglament estableix:

**Escalfadors d'aigua en els quals l'aigua forma part del circuit elèctric.** Els escalfadors d'aigua en els quals l'aigua forma part del circuit elèctric no s'han d'utilitzar en instal·lacions d'ús domèstic ni quan se n'hagin d'utilitzar els serveis. El personal no especialitzat no els ha d'utilitzar. Les persones que utilitzin aquest tipus d'escalfadors han de rebre una formació específica perquè no es produeixin accidents laborals. Per a la **instal·lació** d'aquests aparells, cal tenir en compte les prescripcions següents:

- Aquests aparells s'han alimentar només amb corrent altern amb una freqüència igual o superior a 50 Hz.
- L'alimentació ha d'estar controlada per mitjà d'un interruptor automàtic construït i instal·lat amb les condicions següents:
  - Ser de tall omnipolar simultani.

- Estar proveït de dispositius de protecció contra sobrecàrregues en cada conductor que es connecti a un elèctrode.
- S’ha de col·locar de manera que es pugui accionar fàcilment des del mateix emplaçament en el qual s’instal·li, bé directament o bé per mitjà d’un dispositiu de comandament a distància. En aquest cas cal instal·lar llums de senyalització que indiquin la posició d’obert o tancat de l’interruptor.
- El dipòsit o caldera metàl·lica ha d’estar connectat a la presa de terra. La secció del conductor de posada a terra no ha de ser inferior a la secció dels conductors de l’alimentació, i **en cap cas** no ha de ser inferior a 4 mm<sup>2</sup>. Segons el tipus d’aparell cal complir, a més, els requisits següents:
  - Si els elèctrodes estan connectats directament a una instal·lació trifàsica de més de 440 V, s’ha d’instal·lar un interruptor diferencial que desconnecti l’alimentació dels elèctrodes quan es produeixi un corrent de fuga a terra superior al 10% de la intensitat nominal de la caldera en condicions normals de funcionament. Es pot admetre fins a un 15% d’aquest valor si cal assegurar l’estabilitat del funcionament. El dispositiu esmentat ha d’actuar en retard per evitar el seu funcionament innecessari en cas d’un desequilibri de curta durada.
  - Si els elèctrodes estan connectats a una font d’alimentació a una tensió entre 50 V i 440 V, el dipòsit de la caldera estarà connectat al neutre de l’alimentació i a terra. La capacitat nominal del conductor del neutre no ha de ser inferior a la del conductor més gruixut de la font d’alimentació.

### **Escalfadors proveïts d’elements d’escalfament nus submergits en l’aigua.**

S’admeten en instal·lacions industrials sempre que no hi pugui haver una diferència de potencial superior a 24 V entre l’aigua accessible o les parts metàl·liques accessibles en contacte amb ella, els elements conductors situats a prop seu, i que no consti que estiguin aïllats de terra.

**Aparells de cocció i forns industrials.** Les parts accessibles dels forns que poden arribar a una temperatura perillosa han d’estar dotades d’un dispositiu de protecció o de senyals visibles d’atenció amb una inscripció. Quan els forns presentin corrents de fuga importants, com en els forns de resistències, s’han d’alimentar segons l’esquema TN-C. Els aparells de cocció i els forns que incorporin elements incandescents no tancats no s’han de col·locar en locals que presentin riscos d’explosió.

**Aparells per a soldadura elèctrica per arc.** Els aparells destinats a la soldadura elèctrica han de complir en la seva instal·lació i utilització les prescripcions següents:

- Les masses d’aquests aparells han d’estar posades a terra. És admissible la connexió d’un dels pols del circuit de soldadura a aquestes masses quan, per a la seva posada a terra, no es provoquin corrents vagabunds d’intensitat

perillosa. En cas contrari, el circuit de soldadura estarà posat a terra únicament en el lloc de treball.

- Els borns de connexió per als circuits d'alimentació dels aparells manuals de soldar han d'estar aïllats curosament.
- Quan als aparells hi ha ranures de ventilació, han d'estar disposades de manera que al seu interior no es puguin assolir parts sota tensió.
- Cada aparell ha de portar incorporat un interruptor de tall omnipolar que interrompi el circuit d'alimentació, com també un dispositiu de protecció contra sobrecàrregues, regulat, com a màxim, al 200% de la intensitat nominal de la seva alimentació, excepte en els casos en què els conductors d'aquest circuit estiguin protegits en la instal·lació per un dispositiu igualment contra sobrecàrregues, regulat a la mateixa intensitat.
- Les superfícies exteriors dels porta-elèctrodes a mà, i en tot el possible les seves mandíbules, estaran completament aïllades. Aquests portaelèctrodes han d'estar proveïts de discos o pantalles que protegeixin la mà dels operaris contra la calor que emeten els arcs.

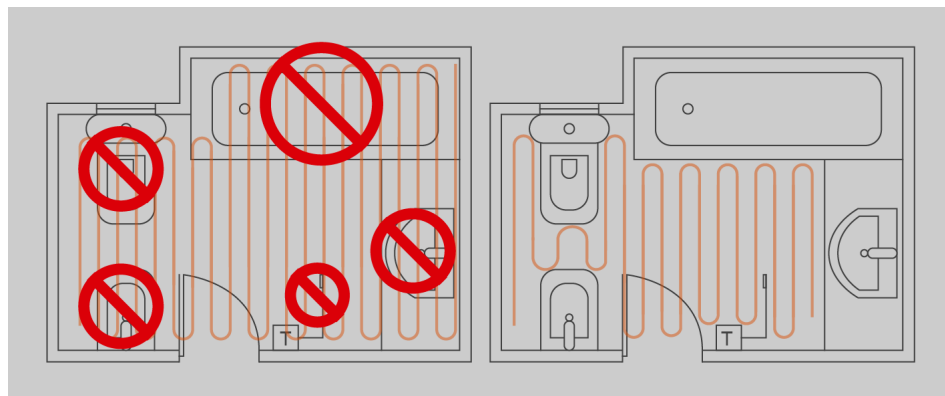
En la secció "Annexos" del web d'aquest mòdul podeu consultar la ITC-BT-46 completa.

### 3.2 Cables i plafons radiants (ITC-BT-46)

Les instal·lacions de cables elèctrics i folis radiants en calefactores es fan a tensions nominals entre 300 V i 500 V, i la instal·lació es fa encastada als forjats. Malgrat que el Reglament permet la instal·lació als sostres, com que la calor tendeix de manera natural a pujar, ja que l'aire calent pesa menys que el fred, normalment no s'instal·len calefaccions al sostre.

Aquestes instal·lacions no s'han de fer dins dels volums de prohibició dels banys (figura 3.2), i les unions fredes no han d'estar en el volum de prohibició ni en el de protecció.

FIGURA 3.2. Volums de prohibició de terra radiant



L'element calefactor no es pot instal·lar per sota de cap unió de les canonades de distribució d'aigua o desguassos.

El **volum de prohibició** és el volum limitat per plànols verticals tangents a les vores exteriors i la banyera, bany-lavabo o dutxa, i els horitzontals constituïts pel terra i per un pla situat a 2,25 metres per sobre del fons d'aquells o per sobre del sòl, en el cas que aquests aparells estiguessin encastats en el mateix.

El **volum de protecció** és el comprès entre els mateixos plànols horitzontals assenyalats pel volum de prohibició i altres verticals situats a 1,00 metre dels del citat volum. La figura 3.2 assenjala aquests volums.

El circuit d'alimentació dels **terres radiant**s, com tots els circuits de l'edifici ha de respondre a les prescripcions que estableix el REBT, especialment en relació a les canalitzacions i les seccions mínimes de conductors, a la protecció contra sobreintensitats, els contactes indirectes i les sobretensions.

A més, els dispositius de comandament i maniobra han de ser de tall omnipolar, encara que es permet que els dispositius de control, com termòstats, no ho siguin.

El circuit de calefacció se subdivideix en circuits segons els criteris establerts en la ITC-BT-25, en funció de la simultaneïtat d'ús, distància i altres criteris de seguretat, etc.

Cada **fase** o circuit en què es divideix la instal·lació del terra radiant (figures 30 i 31) ha de tenir un màxim de 25 A. Cada circuit ha d'estar protegit per un interruptor automàtic de tall omnipolar.

Per a cada circuit de calefacció per cables calefactors o foli radiant és obligatòria una protecció diferencial d'alta sensibilitat (30 mA).

Quan el cable calefactor tingui una armadura, o quan el termòstat tingui un embolcall metàl·lic, tant l'un com l'altre s'han de connectar a terra mitjançant un conductor de protecció que tingui una secció igual a la del conductor de fase.

El cable d'alimentació en el termòstat (la fase) ha de tenir la mateixa secció que el de la unió freda, i s'ha d'allotjar en un tub de diàmetre adequat.

Abans de cobrir l'element calefactor, s'ha de comprovar la continuïtat del circuit. Una vegada cobert el cable, i abans de col·locar el paviment, s'ha de comprovar l'aïllament elèctric respecte a terra, que ha de ser igual o superior a 250.000  $\Omega$ .

Les connexions dels cables calefactors o dels panells de foli radiant amb les unions fredes s'han de fer i disposar de manera que la transmissió de la calor produïda per aquells a les unions esmentades i al cable d'alimentació es mantingui en uns límits compatibles amb les temperatures màximes admissibles en servei continu, les quals són les que fixa la norma UNE 20460-5-523. Per a això, i excepte en cas d'avaria, les unions fredes han de venir fetes de fàbrica, i no és permès ni autoritzat executar-les en obra.

#### UNE 21.155-1

La norma UNE 21.155-1 indica les classes de cables calefactors que es poden utilitzar. En qualsevol cas, tant aquests com els folis radiants han de ser conformes als requisits de les directives aplicables d'acord amb el que estableix el REBT.

Les seccions de les unions fredes han d'estar determinades per les intensitats màximes admissibles del corrent, que són les que fixa per a servei permanent la ITC-BT-19.

La canalització o tub ha d'acabar a 0,20 m com a mínim de la connexió amb el cable calefactor, una unió, que ha d'estar completament embeguda dins de la massa de formigó.

En la col·locació d'un element o unitat de cable calefactor a terra es recomana que les espirals estiguin disposades paral·lelament a la paret que tingui grans pèrdues. D'aquesta manera, es pot reforçar la franja entre 0,5 m i 0,6 m de plafó més proper al tancament exterior disminuint el pas entre espirals tenint cura que no se superi la temperatura màxima admissible per cable.

Quan sigui possible, es recomana allunyar el cable calefactor, particularment els de terra, a 0,6 m de les parets interiors on es pugui prevenir la instal·lació de mobles.

El cable calefactor ha d'estar completament recobert per un material que sigui un conductor tèrmic relativament bo, com guix, formigó, calç, etc., per afavorir la transmissió de la calor.

El cable calefactor s'ha de fixar mitjançant distanciadors no metàl·lics, col·locats a les extremitats on el cable canvia de direcció. El distanciador ha de ser d'un material resistent a la corrosió, que no pugui causar danys a l'aïllament del cable.

El radi de curvatura dels cables no pot ser inferior a sis vegades el seu diàmetre exterior, quan els cables no tinguin armadura, i deu vegades, quan en tinguin.

L'element calefactor s'ha d'instal·lar el més lluny possible dels cables elèctrics de distribució de la força i l'enllumenat perquè aquests cables no rebuin calor. En un altre cas s'ha de calcular la temperatura de servei dels circuits de força i enllumenat tenint en compte la calor que emeten els elements calefactores, i adoptar la secció adequada en funció del tipus de cable.

En les condicions d'utilització previstes, la temperatura dels cables calefactores no ha de ser superior als límits que fixen les normes del cable aïllat de què es tracti (UNE 21155-1).

La capacitat tèrmica dels materials situats a la superfície de l'aïllament tèrmic i la superfície emissora ha de ser inferior a  $120 \text{ kJ/m}^2 \text{ K}$  ( $29 \text{ kcal/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Els cables posats a terra han d'estar embeguts en el morter o formigó. Si hi ha una primera capa de formigó, aquesta pot ser del tipus aïllant. La segona capa de formigó, de tipus no aïllant, ha de tenir un gruix mínim de 30 mm i és on s'encasten els cables calefactores. L'enduriment del formigó no es pot accelerar amb l'element calefactor, per bé que es pot utilitzar per assecat-lo.

A més del material aïllant que s'instal·la sobre el forjat, cal col·locar, en tot el perímetre del local, un sòcol aïllant que tingui un gruix igual o superior a 1 cm, amb una alçària igual a la capa de morter o formigó en la qual estigui encastat l'element calefactor.

En cas de possible humitat, el material aïllant ha d'anar proveït d'una barrera contra la humitat a la part inferior, i si també hi ha perill de condensacions ha de portar una barrera antivapor. El contorn dels cables ha d'estar situat a una distància mínima de 0,2 m de totes les parets exteriors del local.

### 3.2.1 Particularitats per a instal·lacions de cables calefactores al sostre

Normalment no s'utilitzen els cables calefactores col·locats al sostre, però en llocs on és necessari una gran escalfador com, per exemple, als assecadors de carn, on la carn penja del sostre, aquest tipus d'instal·lació té el seu interès.

Si es tracta de sistemes de calefacció directa, és necessari reduir la massa de materials de construcció escalfada pel cable.

La capacitat tèrmica dels materials situats entre la superfície de l'aïllament tèrmic i la superfície emissora ha de ser inferior a  $180 \text{ kJ/m}^2 \text{ K}$  ( $43 \text{ kcal/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Tot seguit s'examinaran les particularitats en els seus diferents aspectes.

**Col·locació.** L'alçària mínima dels locals condicionats per aquest sistema és de 3,5 m. El contorn dels cables calefactores instal·lats al sostre ha de tenir una distància mínima de 0,4 m respecte a les parets exteriors i de 0,2 m respecte a les parets interiors.

Els eventuais punts de llum al sostre, entre ells els conjunts de llums si es poden encastar, han de tenir al voltant un espai lliure de 0,1 m com a mínim.

Els elements col·locats al sostre han d'estar embeguts a la capa de recobriment que, com a mínim, ha de tenir un gruix entre 15 mm i 20 mm, i s'ha d'aplicar en sentit paral·lel als cables. Cal tenir molt cura que no es formin bosses d'aire en el recobriment en contacte amb el cable.

**Control.** El termòstat de control de les condicions ambientals s'ha de situar preferentment en una paret interior, a 1,5 m de terra i no ha d'estar exposat a la radiació ni solar ni dels llums ni d'electrodomèstics entre d'altres, ni tampoc a corrents d'aire procedents de portes, finestres o ventiladors.

El diferencial de temperatura del termòstat no ha de ser superior a 1,5 K. Si la intensitat de corrent de l'element calefactor és superior al poder de tall del termòstat o si es tracta d'un circuit trifàsic, el termòstat ha d'actuar sobre la bobina d'un contactor de poder de tall suficient situat al quadre de distribució aigües avall de l'interruptor automàtic.

En locals de grans dimensions, el projectista ha de justificar la col·locació de més d'un termòstat mirant, en qualsevol cas, d'optimitzar el consum energètic.

En la secció annexos del web d'aquest mòdul podeu consultar la ITC-BT-47 completa.

### 3.3 Instal·lació de motors i eines portàtils (ITC-BT-47)

La instal·lació de motors i eines portàtils té unes característiques particulars que cal tenir en compte a l'hora de dimensionar i fer el muntatge de la instal·lació. Les instal·lacions de motors s'han de fer de conformitat amb el Reglament electrotècnic de baixa tensió (REBT) i la norma UNE 20.460, a més de les especificacions aplicables als emplaçaments i locals on s'instal·lin.

La **perillositat dels motors** es deu al seu moviment i a l'escalfament dels bobinatges. Així doncs, els motors s'han d'instal·lar de manera que apropa-se a les seves parts en moviment no sigui cap causa d'accident i no entrin en contacte amb matèries fàcilment inflamables.

#### 3.3.1 Dimensionament dels conductors per als motors

A l'hora de calcular les seccions mínimes que han de tenir els conductors de connexió perquè no s'escalfin, cal tenir en compte les recomanacions següents del Reglament:

- Si la instal·lació alimenta **un sol motor**, els conductors de connexió han d'estar dimensionats per a una intensitat del 125% de la intensitat a plena càrrega del motor.
- Als motors de **rotor debanat**, els conductors que connecten el rotor amb el dispositiu d'arrencada -conductors secundaris- han d'estar dimensionats, així mateix, per al 125% de la intensitat a plena càrrega del rotor.
- Si el motor és per a **servei intermitent**, els conductors secundaris poden tenir una secció inferior segons el temps de funcionament continuat, però en cap cas no han de tenir una secció inferior a la que correspon al 85% de la intensitat a plena càrrega al rotor.

**Exemple: càlcul de la intensitat cal tenir en compte per dimensionar el conductor que alimentarà un motor de 4,5 kW.**

La intensitat nominal del motor suposant un factor de potència de 0,85 i alimentació trifàsica serà:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi} = \frac{4500}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,85} = 7,64 \text{ A}$$

Finalment cal aplicar el coeficient que marca el Reglament:

$$7,64 \times 1,25 = 9,55 \text{ A}$$

serà la intensitat mínima que el cable que alimenti aquest motor haurà de suportar.

- Els conductors de connexió que alimenten **diversos motors** han d'estar dimensionats per a una intensitat no inferior a la suma del 125% de la



intensitat a plena càrrega del motor de més potència, més la intensitat a plena càrrega de tots els altres.

**Exemple: càlcul de la intensitat que cal tenir en compte per dimensionar el conductor que alimentarà un motor de 4,5 kW, un motor de 7 kW, i un motor de 3,5 kW.**

La intensitat nominal del motor de 7 kW, que es el de més potència, suposant un factor de potència de 0,85 i alimentació trifàsica serà:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi} = \frac{7000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,85} = 11,88 \text{ A}$$

Cal aplicar el coeficient que ens marca el Reglament al motor de més potència:

$$11,88 \times 1,25 = ** 14,85A **$$

Per al motor de 4,5 kW:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi} = \frac{4500}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,85} = 7,64 \text{ A}$$

Per al motor de 3,5 kW:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi} = \frac{3500}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,85} = 5,94 \text{ A}$$

La intensitat total serà:

$$I = 14,85 + 7,64 + 5,94 = 28,43A$$

serà la intensitat mínima que el cable que alimenti aquest motor haurà de suportar.

Una vegada conegut el valor de la intensitat, el càlcul de la secció del conductor és com el de qualsevol altre tipus de línia.

Els conductors de connexió que alimenten **motors i altres receptors** han d'estar previstos per a la intensitat total requerida pels receptors, més la requerida pels motors, calculada com s'ha indicat abans.

### 3.3.2 Protecció contra sobreintensitats

Els motors han d'estar protegits contra curtcircuits i contra sobrecàrregues en totes les fases, i aquesta última protecció ha de ser de tal naturalesa que cobreixi, en els motors trifàsics, el risc de la manca de tensió en una de les fases.

En el cas de motors amb engegador estrella-triangle, s'assegura la protecció tant per a la connexió en estrella com en triangle. Les característiques dels dispositius de protecció han d'estar d'acord amb les dels motors a protegir i amb les condicions de servei previstes per a aquests, i s'han de seguir les indicacions del fabricant.

**Funcionament amb falta de fase.** Entre les múltiples causes del funcionament amb falta de fase d'un motor asíncron trifàsic cal esmentar, per exemple, el fet que la línia d'alimentació tingui una fase interrompuda (funcionament amb falta d'una fase d'alimentació), o que hi hagi la interrupció d'un debanament (funcionament amb falta d'un debanament).

Les conseqüències genèriques i més habituals poden ser un escalfament excessiu del motor, el funcionament amb un fort brunzit i vibracions de tipus mecànic.

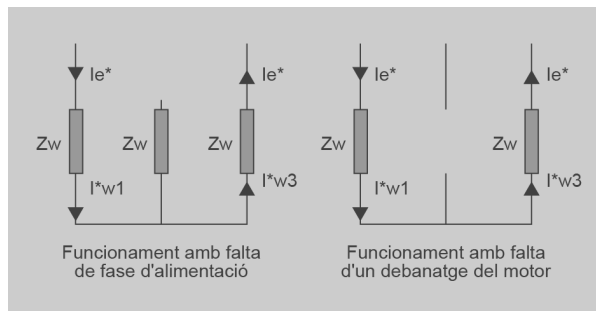
A continuació veureu de quina manera el funcionament amb falta de fase repercuteix en termes de potència i corrent sobre el motor amb els enrotllaments (també anomenats *debanaments*) connectats en estrella i en triangle.

En un motor asíncron trifàsic, la relació entre els paràmetres de funcionament nominals en les condicions normals de funcionament (alimentació trifàsica) s'expressa mitjançant la fórmula següent:

$$P_e = \sqrt{3} \times V_n \times I_e \times \cos\varphi$$

**Motor connectat en estrella.** Analitzem les condicions d'un motor connectat en estrella i funcionament o amb falta de debanament o amb falta de fase d'alimentació (figura 3.3).

**FIGURA 3.3.** Funcionament amb només dues fases d'un motor connectat en estrella



**Anàlisi del funcionament sense una font d'alimentació**

Si a causa d'una fallada en el motor hagués de funcionar amb falta de fase, la relació entre els paràmetres de funcionament s'expressaria mitjançant aquesta fórmula:

$$P_e^* = V_n^* \times I_e^* \times \cos\varphi^*$$

Amb la indicació "\*" s'indiquen les magnituds elèctriques referents al funcionament amb falta de fase.

En la hipòtesi que, tant en el funcionament normal com en l'anòmal, el motor hagi de subministrar la mateixa potència, mantenint inalterada la tensió d'alimentació i el factor de potència, és a dir, si es compleix que:

$$V_n = V_n^* ; \cos\varphi = \cos\varphi^*$$

Aleshores, igualant les relacions de la potència trifàsica amb les tres fases i quan en falta una de precedent, s'obté:

$$P_e^* = P_e = \sqrt{3} \times V_n \times I_e \times \cos\varphi = \sqrt{3} \times V_n^* \times I_e^* \times \cos\varphi^*$$

I si ho simplifiquem una mica, s'obté:

$$\sqrt{3} \times I_e = I_e^* ; I_e^* = 1,73I_e$$

De l'anàlisi de la fórmula obtinguda es dedueix que en el funcionament amb falta de fase, quan es demana al motor la mateixa potència que subministra en el funcionament trifàsic, el corrent  $I_e$  que absorbeix el motor resulta ser  $\sqrt{3}$  vegades el corrent  $I_e$  sol·licitat en el funcionament normal.

Per tant, un motor en el funcionament amb falta de fase hauria d'absorbir un corrent que seria un 73% més gran que la intensitat nominal en el funcionament trifàsic per subministrar la mateixa potència. És a dir, hauria de treballar en condicions de sobrecàrrega que resultarien crítiques pel que fa al reescalfament i, en general, en relació amb la vida elèctrica del mateix motor.

De fet, la presència de la protecció tèrmica impedeix el funcionament amb corrents tan elevats. La protecció tèrmica està regulada com a llindar de disparament sobre la intensitat nominal del motor. Aquesta protecció intervé per salvaguardar el motor dels efectes deguts a un corrent absorbit superior al llindar ajustat.

#### **Anàlisi de la potència subministrada en el cas de funcionament amb falta de fase**

Suposant ara que en les dues condicions de funcionament –alimentació normal en trifàsic i alimentació amb falta de fase– el motor absorbeixi el mateix valor de corrent, i es mantinguin inalterats la tensió d'alimentació i el factor de potència, quina relació hi ha entre la potència subministrable en els dos casos? D'entrada, la fórmula

$$\frac{P_e}{\sqrt{3} \times V_n \times \cos \varphi} = \frac{P}{V^* \times \cos \varphi^*}$$

la qual simplificant-la dóna:

$$\frac{P_e}{\sqrt{3}} = P^* \quad ; \quad 0,58 \times P_e = P^*$$

És a dir, amb falta de fase i amb absorció del corrent nominal, el motor subministra una potència, el valor de la qual es redueix a un 42% del valor de la potència nominal en trifàsic.

Al motor amb enrotllaments connectats en estrella, el corrent associat als enrotllaments del motor és el mateix que l'associat a la protecció tèrmica en qualsevol condició de funcionament.

Així doncs, el **relé de sobrecàrrega protegeix el motor** d'una absorció superior respecte de la intensitat nominal en les dues modalitats de funcionament considerades.

En aquest cas, si durant el funcionament normal es verificués la pèrdua d'una fase en la línia d'alimentació o la pèrdua d'un enrotllament, el motor trifàsic passaria a funcionar en monofàsic, ja que un únic corrent recorreria els enrotllaments (no hi ha diferència de valor ni de fase).

Per tant, en el funcionament genèric amb falta de fase, el parell motor es redueix i, si el parell resistència es manté constant, s'obté una reducció de la velocitat del motor. Això comporta un augment del lliscament amb l'increment consegüent del corrent absorbit, el qual provoca un escalfament del motor molt perjudicial.

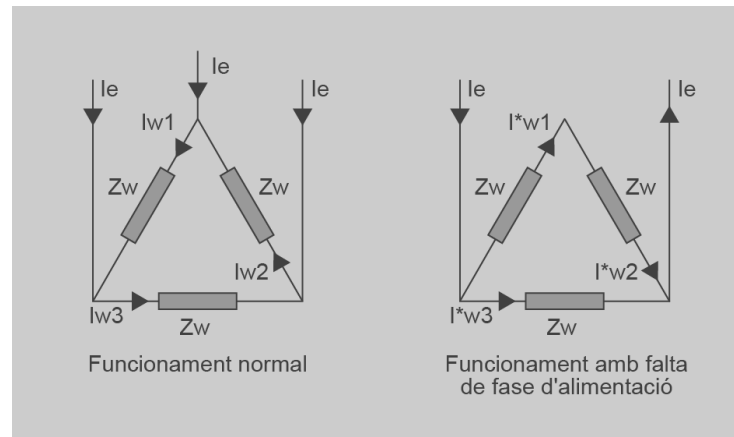
Cal assenyalar que, d'acord amb el principi de funcionament del camp magnètic giratori, en el funcionament monofàsic d'un motor asíncron trifàsic no hi ha un parell d'arrencada, per la qual cosa resulta impossible arrencar el motor amb falta de fase.

Si, en canvi, es posa el motor en rotació mitjançant el recurs a qualsevol artifici, el motor s'hauria de posar a girar en el mateix sentit imposat per l'acció externa, i funcionar amb els límits i els problemes exposats anteriorment.

**Motor connectat en triangle** (figura 3.4). En el funcionament normal en trifàsic el motor absorbeix en línia la intensitat nominal, la qual cosa significa que en els tres enrotllaments connectats en triangle circula un corrent igual a:

$$I_{w1} = I_{w2} = I_{w3} = I_w = \frac{I_e}{\sqrt{3}}$$

**FIGURA 3.4.** Connexió en triangle: funcionament normal i amb falta de fase d'alimentació



#### Anàlisi del cas de funcionament amb falta de fase d'alimentació

Com podem veure en la figura 3.4, quan falta l'alimentació en una de les fases tenim que el corrent que arriba al motor es divideix en dos, un passa per una sola fase i l'altre per les altres dues fases. Si calculem la relació dels corrents per a les dues fases que es queden en sèrie:

$$\frac{I_{w1}}{I_{w1}^*} = \frac{I_{w2}}{I_{w2}^*} = 0,578$$

Per a la fase que es queda en paral·lel amb les altres:

$$\frac{I_{w3}}{I_{w3}^*} = 1,153$$

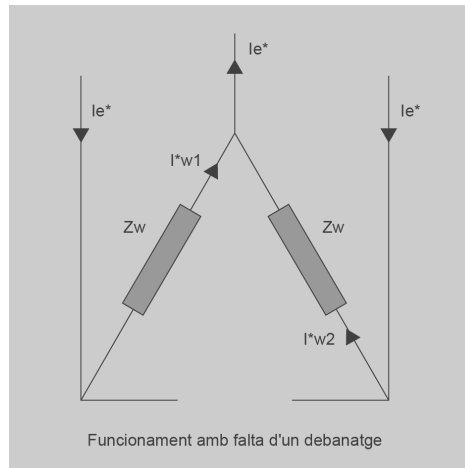
En el funcionament trifàsic normal el motor absorbeix el corrent de línia i el corrent en els enrotllaments, per tant, de les relacions anteriors es dedueix com en el funcionament amb falta de fase d'alimentació, encara que el corrent sigui absorbit en línia, un dels enrotllaments (en l'exemple, el debanament 3) absorbeix prop del 15% més respecte del funcionament normal.

L'anàlisi del funcionament amb falta d'una fase d'alimentació porta a la conclusió que el relé de sobrecàrrega no intervé perquè es veu afectat pel corrent nominal, encara que en realitat un enrotllament és sobrecarregat (15% més respecte al funcionament normal) sense que la protecció tèrmica ho adverteixi. Per tant, el motor podria no estar protegit adequadament.

Amb la connexió en triangle i falta de tensió d'alimentació en una fase el **relé de sobrecàrrega** no intervé.

En el cas del motor connectat en triangle i funcionament amb falta de debanament, cal considerar l'esquema de la figura 3.5.

**FIGURA 3.5.** Falta de debanament en connexió en triangle



### Anàlisi del funcionament amb falta de debanament en connexió en triangle

La potència en el cas del motor connectat en triangle i funcionament amb falta de debanament és:

$$P^* = 2 \times V^* \times I_e^* \times \cos \varphi^*$$

Suposant que el motor hagi de subministrar la mateixa potència, mantenint inalterada la tensió d'alimentació i el factor de potència:

$$P_e^* = P_e = \sqrt{3} \times V_n \times I_e \times \cos \varphi = 2 \times V_n^* \times I_e^* \times \cos \varphi^*$$

i simplificant-ho:

$$\sqrt{3} \times I_e = 2 \times I_e^* \quad ; \quad I_e^* = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_e \quad ; \quad I_e^* = 0,866 \times I_e$$

Aquest és el corrent que absorbeix el motor i que recorre l'únic enrotllament en el funcionament amb falta d'un debanament, i també és el corrent relatiu a la protecció tèrmica.

D'aquesta anàlisi s'extreu que en aquest funcionament anòmal el corrent que travessa el enrotllament del motor, el qual resulta ser inferior al corrent màxim admès al enrotllament en condicions de funcionament normal, a més a més sense que la protecció tèrmica intervingui, és un corrent inferior al nominal del motor en el seu funcionament normal.

Les condicions de funcionament reals es caracteritzen per l'aparició d'harmònics que generen camps magnètics giratoris parasitaris directes o inversos que influeixen en el rendiment, la velocitat de rotació i la potència disponible. Per això, la situació de funcionament real no es presta a una explicació lineal i simple com s'ha exposat anteriorment, encara que igualment resulta vàlida per indicar quins són els corrents que afecten el motor i per entendre que el funcionament amb falta de fase genera conseqüències que porten el motor a patir danys.

### 3.3.3 Protecció dels motors contra la falta de tensió

Els motors han d'estar protegits contra la falta de tensió per un dispositiu de tall automàtic de l'alimentació, quan l'arrencada espontània del motor, com a

conseqüència del restabliment de la tensió, pugui provocar accidents o perjudicar el motor, tal com estableix la norma UNE 20.460-4-45.

Aquest dispositiu pot formar part del sistema de protecció contra les sobrecàrregues o del dispositiu d'arrencada, i pot protegir més d'un motor si es dona una de les circumstàncies següents:

- Els motors a protegir estan instal·lats en un mateix local i la suma de potències absorbides no és superior a 10 kW.
- Els motors a protegir estan instal·lats en un mateix local i cada un queda automàticament en l'estat inicial d'arrencada després d'una falta de tensió.

No s'exigeix el dispositiu de protecció contra la falta de tensió quan el motor arrenca automàticament en condicions preestablertes, si bé ha de quedar exclosa la possibilitat d'un accident en cas d'arrencada espontània.

#### Un cas especial

Si el motor hagués de portar dispositius limitadors de la potència absorbida en l'arrencada, és obligatori que els dispositius d'arrencada tornin automàticament a la posició inicial en originar una falta de tensió i parada del motor, atès que aleshores passen a formar part de l'excepció anterior.

### 3.3.4 Sobreintensitats d'arrencada

Els motors han de tenir limitada la intensitat absorbida en l'arrencada, quan es poden produir efectes que perjudiquin la instal·lació o ocasionin perturbacions inacceptables en el funcionament d'altres receptors o instal·lacions.

Quan els motors han de ser alimentats per una xarxa de distribució pública, la seva utilització ha de tenir la conformitat de l'empresa distribuïdora quan es tracti de:

- Motors de gran inèrcia
- Motors d'arrencada lenta en càrrega
- Motors d'arrencada o augments de càrrega repetida o freqüent
- Motors per a frenada
- Motors amb inversió de marxa

---

Aproximadament 0,75 kW  
són un cavall.

---

#### En la placa d'un motor...

...s'indiquen les característiques del motor com, per exemple, la relació de corrent entre el període d'arrencada i el de marxa normal que correspon a la seva plena càrrega.

En general, **els motors de potència superior a 0,75 kW** han d'estar proveïts de reòstats d'arrencada o dispositius equivalents que no permetin que la relació de corrent entre el període d'arrencada i el de marxa normal que correspongui a la seva plena càrrega en el motor sigui superior a l'assenyalada en la taula 3.3 per a motors a corrents continus i alterns.

**TAULA 3.3.** Constant màxima de proporcionalitat entre la intensitat del corrent d'arrencada i la de plena càrrega d'un motor en corrent continu i altern

<b>Motors de corrent continu (CC)</b>	
<b>Potència nominal del motor</b>	<b>Constant màxima de proporcionalitat entre la intensitat del corrent d'arrencada i la de plena càrrega</b>
De 0,75 kW a 1,5 kW	2,5
De 1,5 kW a 5,0 kW	2,0
De més de 5,0 kW	1,5
<b>Motors de corrent altern (CA)</b>	
<b>Potència nominal del motor</b>	<b>Constant màxima de proporcionalitat entre la intensitat del corrent d'arrencada i la de plena càrrega</b>
De 0,75 kW a 1,5 kW	4,5
De 1,5 kW a 5,0 kW	3,0
De 5,0 kW a 15,0 kW	2,0
De més de 15,0 kW	1,5

En els motors d'ascensors, grues i aparells d'elevació en general, tant de corrent continu com d'altern, es computa com a intensitat normal a plena càrrega, als efectes de les constants assenyalades en aquesta taula, la necessària per elevar les càrregues fixades com a normals a la velocitat de règim un cop passat el període d'arrencada, multiplicada pel coeficient d'1,3.

#### Casos particulars

Tanmateix, en casos particulars, les empreses poden prescindir de les limitacions imposades si els corrents d'arrencada no pertorben el funcionament de les seves xarxes de distribució.

### 3.3.5 Tipus d'arrencada dels motors d'inducció amb rotor curtcircuitat

Els motors de rotor en gàbia són els més utilitzats tant en el món domèstic com en el món industrial per la facilitat de construcció i manteniment. Un dels pocs inconvenients d'aquests motors és que en engegar-los es consumeix molt corrent per passar de la posició d'aturat a la velocitat nominal. Cal però examinar els diferents tipus d'arrencada.

**Arrencada directa.** Quan un motor té arrencada directa circula un corrent de pic instantani inicial molt elevat (*rush*) i després d'aquest pic es manté un corrent d'arrencada ( $I_{an}$ ). Quan el temps d'arrencada és molt llarg s'anomena **arrencada pesada**. El **corrent de pic inicial**(de molt poca durada) té un valor màxim de  $I_s = 2 \times \sqrt{2} \times I_{an}$ .

És a dir, té un valor màxim d'aproximadament tres vegades el corrent d'arrencada, que ja és diverses vegades superior al nominal. El corrent de pic és pràcticament un curtcircuit però que dura molt poca estona. És per això que moltes vegades en el moment de connexió d'un motor es dispara l'interruptor magnetotèrmic que el protegeix, i perquè això no passi els magnetotèrmics han de ser de corba D.

#### Els magnetotèrmics de corba D...

...són més lents a l'hora de disparar-se en cas de curtcircuit, és a dir, no es disparen enfront dels elevadíssims corrents de pic de l'arrencada d'un motor.

Cal protegir els motors amb magnetotèrmics de corba D.

El **corrent d'arrancada** és entre quatre i vuit vegades el corrent nominal, i en casos excepcionals pot arribar a ser tretze vegades el corrent nominal.

La **durada** d'aquest corrent en condicions normals és de deu segons, si dura més de deu segons es considera una arrancada pesada i cal controlar l'escalfament del rotor.

No podem saber de manera exacta el corrent d'arrancada del motor perquè no sols depèn de factors elèctrics, sinó també de factors mecànics, del parell motor que hagi de fer per posar-se en moviment i arribar a la velocitat nominal.

Cal tenir en compte que, en motors on s'inverteix el sentit del gir, els pics de corrent inicial encara poden ser més alts.

Evidentment, l'arrancada directa no es pot utilitzar en motors grossos perquè els corrents de pic inicials i d'arrancada són tan elevats que causen problemes a la resta de la instal·lació. Per aquesta raó el REBT obliga a posar altres sistemes d'arrancada que redueixin el corrent en l'engegada del motor.

**Connexió en estrella-triangle.** En tots el sistemes d'arrancada en els quals es redueix la tensió al motor, també reduïm el parell de força. La reducció de la força en l'arrancada és el quadrat de la reducció de la tensió, mentre que la reducció de corrent és lineal. És a dir, si reduïm dues vegades la tensió d'alimentació, el corrent es redueix dues vegades, mentre que el parell de força del motor es reduïx  $2 \times 2$ , és a dir, quatre vegades.

En l'arrancada **estrella-triangle** dels **motors trifàsics asíncrons**, la intensitat d'arrancada es redueix en un terç del valor que tindria en cas d'una arrancada directa.

Aquest valor és el resultat de la reducció lineal de la tensió i del corrent de fase en un factor de:

$$\frac{1}{\sqrt{3}}$$

Aquest tipus d'engegada només es pot utilitzar en motors que tinguin una tensió assignada en connexió en triangle igual a la tensió de la xarxa, a més a més, els extrems de totes les bobines de fase han de ser a la caixa de borns.

La reducció en un valor equivalent a l'arrel quadrada de tres de la tensió aplicada fa que el parell motor es redueixi fins a un terç del valor que tindria mitjançant l'arrancada directa. Amb aquesta arrancada es garanteix una acceleració suau de la màquina accionada que no està sotmesa a esforços sobtats que redueixen la vida útil de qualsevol màquina.

L'arrancada en estrella-triangle només es pot usar quan el parell resistent aplicat al motor no és gaire elevat, de vegades, l'engegada en estrella-triangle no es pot utilitzar o s'utilitza incorrectament.

Quan en l'arrancada (posició en estrella) el parell resistent és tan elevat que no permet arribar com a mínim al 90% de la velocitat del motor, i passa a triangle,



està utilitzant incorrectament l'arrancada estrella-triangle.

**Arrancada mitjançant resistències.** El corrent d'arrancada del motor origina una caiguda de tensió a les resistències, és d'aquesta manera com el motor té un corrent reduït. La reducció del corrent és directament proporcional a la reducció de tensió. Normalment si l'arrancada es completa en una sola etapa, les resistències es calculen perquè el corrent d'arrancada sigui tres vegades més petit que el nominal. En arrancades de dues etapes es pot utilitzar una limitació del corrent d'arrancada d'entre 1,5 i 2 vegades el corrent assignat del motor, tot i que en aquest cas el parell d'arrancada és molt baix.

**Arrancada amb autotransformadors.** El motor es connecta durant l'arrancada a la sortida d'un autotransformador. En general, la tensió és un 70% de la nominal, i el corrent i el parell d'arrancada es redueixen un 49% respecte als valors que es produirien si el motor arranqués amb connexió directa. Un avantatge és que la connexió al motor es fa mitjançant tres conductors, mentre que en la connexió en estrella-triangle fan falta sis conductors.

**Engedadors estàtics.** L'arrancada ideal dels motors és aquella en què la intensitat agafa el valor just per arrancar el motor. Perquè el motor arranqui i es posi a la velocitat nominal cal que venci el parell resistent. Així doncs, és el parell resistent el que obliga a tenir més o menys intensitat d'engegada. Cada motor i cada càrrega necessita un tipus d'arrancada, i d'una durada determinada, una arrancada suau.

Els engagedors estàtics (electrònics) permeten una arrancada suau d'un motor asíncron de rotor en curtcircuit (gàbia). Augmenta progressivament la tensió des dels 0 V fins la tensió nominal, és a dir, regula la tensió durant el temps que es vol que duri l'arrancada.

Quan el motor necessiti un gran parell d'arrancada, els engagedors estàtics (figura 3.6) són la solució. Abans s'aconseguia amb resistències estatòriques perfectament calibrades per al tipus de motor i càrrega, o mitjançant autotransformadors regulats manualment.

Entre els **avantatges dels engagedors estàtics** cal assenyalar els següents:

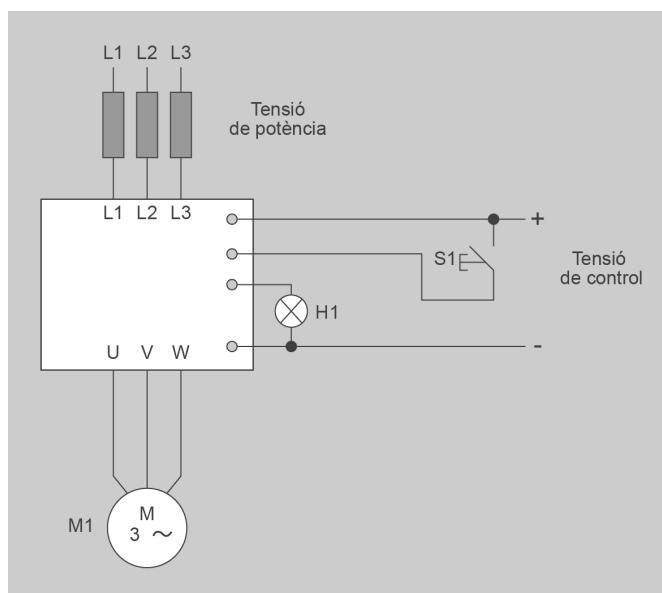
- Limitació de la intensitat d'arrancada controlant la tensió aplicada reduint consum energètic i escalfaments que deteriorenen el motor.
- Control de la tensió subministrada al motor durant l'engegada i la parada, la qual cosa dóna més seguretat mecànica en la màquina que acciona el motor.
- Es poden ajustar a voluntat els paràmetres de rampa d'arrancada, parada i parell d'arrancada.
- Amb tot s'aconsegueix una reducció important del corrent en l'engegada, disminueixen les reparacions i s'allarga la vida del motor i de les instal·lacions.

Els engagedors estàtics (figura 3.6), però, també tenen alguns petits inconvenients. Els corrents elèctrics que surten dels engagedors estàtics, en no ser ones sinusoidals pures, generen harmònics. Els harmònics generen escalfaments, sorolls

i vibracions a les màquines. Pel que fa als **desavantatges** més rellevants dels engegadors estàtics, cal esmentar:

- Pèrdues al motor pels harmònics. Els corrents elèctrics que surten dels engegadors estàtics, en no ser ones sinusoidals pures, generen harmònics, i els harmònics generen escalfaments, sorolls i vibracions a les màquines.
- Com que el valor de la tensió d'alimentació durant l'arrancada augmenta més a poc a poc, l'estator i el rotor s'escalfen més que amb una arrancada més ràpida.
- Els condensadors per millorar el factor de potència mai no poden estar situats després de l'engegador, sempre han d'estar situats abans (és a dir, aigües amunt).

FIGURA 3.6. Engegador estàtic



Els engegadors estàtics cada vegada s'empren més en raó del seu cost econòmic, el qual equival a tres vegades el cost d'un contactor. El cost d'un engegador estrella-triangle amb tres contactors pot ser igual o superior al cost d'un engegador estàtic. Però amb l'engegador estàtic tenim moltes més possibilitats que es produeixi:

- Rampa d'acceleració (tensió aplicada en funció del temps)
- Control de la intensitat en l'arrancada
- Millora del factor de potència
- Visualització dels paràmetres
- Regulació del parell
- Regulació de la parada

### 3.3.6 Instal·lació de reòstats i resistències

Els reòstats d'arrencada i regulació de velocitat i les resistències addicionals dels motors s'han de col·locar de manera que estiguin separats dels murs uns 5 cm com a mínim.

La disposició d'aquest tipus de reòstats i aquesta classe de resistències ha de ser tal que no puguin causar deterioraments com a conseqüència de la radiació tèrmica o per l'acumulació de pols, tant en servei normal com en cas d'avaría.

Cal unir-los de manera que no puguin cremar les parts combustibles de l'edifici ni altres objectes combustibles i, si això no fos possible, els elements combustibles han de dur un revestiment ignífug.

Els reòstats i les resistències s'han de poder separar de la instal·lació per mitjà de dispositius de tall omnipolar, els quals poden ser els interruptors generals del receptor corresponent.

### 3.3.7 Eines portàtils

Les eines portàtils utilitzades en obres de construcció d'edificis, pedreres i, en general, a l'exterior, han de ser de classe 2 o de classe 3.

Les eines de classe 1 es poden utilitzar en els emplaçaments esmentats, i, en aquest cas, es poden alimentar per mitjà d'un transformador de separació de circuits.

Quan aquestes eines s'utilitzen en obres o emplaçaments molt conductors, com ara en treballs de formigonatge, a l'interior de calderes o de canonades metàl·liques, o altres d'anàlegs, les eines portàtils a mà han de ser de classe 3.

## 3.4 Transformadors i rectificadors (ITC-BT-48)

En realitat, el transformador no és un receptor normal. El consum elèctric del transformador és mínim. El transformador és un mitjà de pas del corrent elèctric o, amb altres paraules, és una font d'alimentació.

Els transformadors tenen unes peculiaritats que fan que calgui tenir en compte unes consideracions especials pel que fa a la instal·lació. Per exemple, igual que els motors tenen un corrent d'engegada molt elevat, és a dir, en el moment en què es tanca l'interruptor i el transformador es connecta a xarxa tenim com un petit curtcircuit que dura uns mil·lisegons, sense arribar a ser perillós però, en canvi, fa disparar les proteccions o crea pertorbacions a la resta de la instal·lació.

El consum que tenen els transformadors són les pèrdues d'energia en forma de

En la secció "Annexos" del web d'aquest mòdul podeu consultar la ITC-BT-48 completa.

calor, és a dir, generen calor, per la qual cosa ens assegurarem que disposin de ventilació suficient per a la seva refrigeració correcta.

Com a totes les instal·lacions cal tenir en compte les especificacions aplicables als locals (o emplaçaments) on s'hagin d'instal·lar.

Les connexions dels transformadors s'han de fer amb els elements de connexió adequats als materials a unir, és a dir, en el cas de bobinats d'alumini, amb peces de connexió bimetàl·liques.

### 3.4.1 Transformadors i autotransformadors

Cal que els transformadors que puguin estar a l'abast de persones no especialitzades estiguin construïts o situats de manera que els borns de connexió, bobinatges i elements sota tensió, si aquesta és superior a 50 V, siguin inaccessibles.

Els transformadors en instal·lació fixa no s'han de muntar directament sobre parts combustibles d'un edifici, i quan sigui necessari instal·lar-los en proximitat a aquestes parts, cal utilitzar **pantalles incombustibles** com a element de separació.

La separació entre els transformadors i aquestes pantalles incombustibles ha de ser d'1 cm quan la potència del transformador és inferior o igual a 3.000 VA. Aquesta distància augmentarà de manera directament proporcional a com ho faci la potència quan aquesta sigui gran. Els transformadors en instal·lació fixa, quan la seva potència no supera els 3.000 VA, han d'anar proveïts d'un limitador de temperatura apropiat, i es poden muntar directament sobre parts combustibles.

L'ús d'autotransformadors no és admissible si els dos circuits connectats a aquests no tenen un aïllament previst per a la tensió més gran.

En la connexió d'un autotransformador a una font d'alimentació amb conductor neutre, el born de l'extrem de l'atropellament comú al primari i al secundari, s'unirà al conductor neutre.

### 3.4.2 Reactàncies i rectificadors

La instal·lació de reactàncies i rectificadors ha de respondre als mateixos requisits generals que els assenyalats en el cas dels transformadors. En relació amb els rectificadors, però, a més a més caldrà tenir en compte:

- Quan els rectificadors no s'oposen, per si mateixos, al pas accidental del corrent altern al circuit que alimenten en corrent continu o al retorn d'aquest al circuit de corrent altern, s'han d'instal·lar associats a un dispositiu adequat que impedeixi aquesta eventualitat.
- Les canalitzacions corresponents als corrents de diferent naturalesa (continu o altern), han de ser diferents i estar convenientment senyalitzades o

separades entre elles.

- Els circuits corresponents al corrent continu s'han d'instal·lar seguint les prescripcions que corresponguin a la seva tensió assignada.

### 3.4.3 Condensadors

Els condensadors que no porten alguna indicació de temperatura màxima admissible no es poden utilitzar en llocs on la temperatura ambient és de 50 °C o més alta.

Si la càrrega residual dels condensadors pot posar en perill les persones, han de portar un dispositiu automàtic de descàrrega o s'ha de col·locar una inscripció que adverteixi d'aquest perill. Els condensadors amb dielèctric líquid combustible han de complir els mateixos requisits que els reòstats i reactàncies.

Els condensadors han d'estar protegits adequadament, per suportar sobreintensitats superiors a 1,3 vegades el corrent normal a la tensió nominal de la xarxa, sense harmònics.

Els aparells de comandament i protecció dels condensadors han de suportar, en règim permanent, d'1,5 a 1,8 vegades la intensitat nominal assignada del condensador per tenir en compte els harmònics i les toleràncies sobre les capacitats.

#### UNE-EN 60831-1

Per a la utilització de condensadors per sobre dels 2.000 m d'altitud sobre el nivell del mar, s'han de prendre precaucions d'acord amb el fabricant, segons especifica la norma UNE-EN 60831-1.

### 3.5 Protecció i manteniment dels transformadors

Tot transformador ha d'estar protegit per un dispositiu de tall per sobreintensitat o un altre sistema equivalent. Aquest dispositiu ha d'estar d'acord amb les característiques que figuren en la placa del transformador i amb la utilització d'aquest transformador.

En el moment d'engegada del transformador, igual que passa en els motors, tenen un corrent d'arrancada molt elevat, quasi deu vegades superior al corrent normal. Si poseu una protecció magnetotèrmica normal (corba C), aquesta es dispararà quan engegueu el transformador. El que no hem de fer mai es posar un magnetotèrmic d'una intensitat molt superior a la nominal del transformador. Heu de posar un interruptor magnetotèrmic de corba D.

#### Corbes de les proteccions magnetotèrmiques

- Corba **B**. Dispara entre tres i cinc vegades la intensitat nominal. La corba B és poc utilitzada, s'utilitza per a conductors molt llargs, que tenen la càrrega molt lluny i en què els corrents de curtcircuit són molt baixos per a la resistència d'una línia tan llarga.
- Corba **C**. Dispara entre cinc i deu vegades la intensitat nominal. La corba C és la normal i es fa servir en qualsevol instal·lació domèstica.

- Corba **D**. Dispara entre deu i vint vegades la intensitat nominal. La corba D s'utilitza per a aparells com transformadors i motors, que tenen un corrent d'arrancada molt elevat.

El consum elèctric del transformador són pèrdues que es transformen en calor. El millor manteniment que es pot fer d'un transformador consisteix a fer-lo estar refrigerat i mesurar la temperatura per detectar possibles mal funcionaments que puguin acabar en una avaria greu.

Està normalitzat que els transformadors treballen de manera permanent a una altitud inferior a 1.000 m i l'escalfament mitjà no ha de superar 65 °C a una temperatura ambient màxima de 40 °C.

La **refrigeració dels transformadors** es produeix de diferents maneres segons el tipus de construcció. Els transformadors de petita potència es refrigeregen amb l'expulsió de l'aire directament a l'atmosfera. Si la refrigeració natural no és suficient, es pot afegir un ventilador. El manteniment d'aquest ventilador és fonamental per al bon funcionament del transformador. El normal en transformadors grossos és que estiguin a dintre d'una caixa i aquesta caixa tingui un ventilador.

El que també podem fer és mesurar la temperatura del transformador. Podem mesurar la temperatura interna del transformador:

- Termòmetre al nucli. Cal que el termòmetre estigui en contacte amb el metall del nucli.
- Variació de la resistència del bobinatge. Consisteix a mesurar les resistències en gelat i després de quatre o cinc hores de funcionament.
- Termòmetre intern. Consisteix a introduir, durant la construcció del transformador, uns sensors de temperatura, després aquests sensors de temperatura es connecten a sistemes de visualització, d'alarma, de desconexió.

Una vegada es detecta que el transformador s'escalfa, heu de buscar-ne la causa: molta càrrega, baixa refrigeració, defecte intern. I, una vegada coneguda la causa, ja podeu trobar una solució.