

L.4.1	Généralités	323
L.4.2	Plan de sécurité.....	324
L.4.3	Conception	324
L.4.4	Analyse des modes de défaillance et de leurs effets de la fonction de sécurité	325
L.4.5	Plan de conception	325
L.4.6	Vérification	325
L.4.7	Fonction évaluée	326
L.5	Documentation.....	326
L.5.1	Documentation de sécurité technique	326
L.5.2	Instructions de sécurité.....	326
L.6	Exemple.....	326
L.6.1	Description de l'architecture	326
L.6.2	AMDE	328
Annexe M (normative) Contacteurs à courant continu utilisés dans des applications photovoltaïques (PV)		338
M.1	Application	338
M.2	Objet.....	338
M.3	Termes et définitions	338
M.4	Classification	339
M.5	Caractéristiques.....	339
M.5.1	Généralités	339
M.5.2	Tension assignée de tenue aux chocs	339
M.5.3	Catégorie d'emploi.....	339
M.6	Informations sur le matériel.....	340
M.7	Conditions normales de service, de montage et de transport.....	340
M.7.1	Généralités	340
M.7.2	Température de l'air ambiant	340
M.7.3	Altitude	341
M.8	Exigences relatives à la construction et au fonctionnement.....	341
M.8.1	Exigences relatives à la construction	341
M.8.2	Exigences relatives au fonctionnement	341
M.8.3	Compatibilité électromagnétique (CEM)	342
M.9	Essais.....	343
M.9.1	Généralités	343
M.9.2	Essais de type	343
M.9.3	Pouvoirs de fermeture et de coupure et performance de fonctionnement conventionnel en service	343
M.9.4	Essai de cycles thermiques	343
M.9.5	Essai climatique	344
M.9.6	Essai diélectrique	344
M.9.7	Essai du courant critique de charge	344
M.9.8	Propriétés mécaniques	346
M.9.9	Degré de protection des contacteurs sous enveloppe	346
M.9.10	CEM	346
M.9.11	Distances d'isolement et lignes de fuite	346
Annexe N (normative) Exigences supplémentaires et essais pour le matériel avec séparation de protection		347
N.1	Généralités	347

N.2	Définitions.....	347
N.3	Exigences	347
N.3.1	Méthode d'essai de mise en œuvre de l'impédance de protection	347
N.3.2	Mesurage du courant de contact.....	348
Annexe O (informative)	Indicateurs de surveillance de charge	350
O.1	Généralités	350
O.2	Liste des indicateurs	350
O.3	Incertitude.....	352
O.4	Essais.....	353
O.4.1	Essais individuels de série.....	353
O.4.2	Essais de type	353
Annexe P (normative)	Essais de coupure en court-circuit de l'ACPM	355
P.1	Conditions générales d'essai	355
P.2	Pouvoir de coupure de service en court-circuit assigné.....	356
P.2.1	Généralités.....	356
P.2.2	Essai du pouvoir de coupure de service en court-circuit assigné.....	356
P.2.3	Vérification de l'aptitude au fonctionnement en service	356
P.2.4	Vérification de la rigidité diélectrique	356
P.2.5	Vérification de l'échauffement.....	357
P.2.6	Vérification des déclencheurs de surcharge	357
P.3	Pouvoir de coupure ultime en court-circuit assigné	357
P.3.1	Généralités.....	357
P.3.2	Vérification des déclencheurs de surcharge.....	357
P.3.3	Essai du pouvoir de coupure ultime en court-circuit assigné	358
P.3.4	Vérification de la rigidité diélectrique	358
P.3.5	Vérification des déclencheurs de surcharge.....	358
P.4	Essai de l'ACPM pour les schémas de mise à la terre de type IT	358
P.4.1	Généralités.....	358
P.4.2	Court-circuit du pôle individuel.....	359
P.4.3	Vérification de la rigidité diélectrique	359
P.4.4	Vérification des déclencheurs de surcharge.....	359
P.4.5	Marquage	359
Annexe Q (normative)	Coordination dans les conditions de court-circuit entre un ACPM et un autre dispositif de protection contre les courts-circuits associés dans le même circuit	361
Q.1	Application	361
Q.2	Objet.....	362
Q.3	Exigences générales relatives à la coordination d'un ACPM avec un autre DPCC	362
Q.3.1	Généralités.....	362
Q.3.2	Comportement de C_1 en association avec un autre DPCC.....	362
Q.4	Type et caractéristiques du DPCC associé.....	363
Q.5	Vérification de la sélectivité	363
Q.5.1	Généralités.....	363
Q.5.2	Prise en compte de la sélectivité par étude théorique	363
Q.5.3	Sélectivité déterminée par essai	365
Bibliographie.....		369

Figure 1 – Limites des multiples de la valeur du courant de réglage des relais de surcharge à fonctionnement différé compensés pour la température de l'air ambiant	239
Figure 2 – Essai de mémoire thermique	240
Figure 3 – Exemples de caractéristiques de coordination d'un démarreur	253
Figure 4 – Mesurage de chute de tension au point de contact de la borne de contact	259
Figure 5 – Exemple de mesurage d'impédance de pôles pour un contacteur tripolaire	265
Figure A.1 – Circuit principal.....	287
Figure A.2 – Relais de surcharge	288
Figure B.1 – Exemples de caractéristique de tenue temps-courant	297
Figure C.1 – Courbes types de courants et de couples au cours d'un démarrage étoile-triangle (voir 3.4.4.1)	298
Figure C.2 – Courbes types de courants et de couples au cours d'un démarrage par autotransformateur (voir 3.4.4.2).....	299
Figure C.3 – Variantes types de démarreurs protégés, de combinés de démarrage, d'appareils de connexion protégés et de combinés d'appareils de connexion.....	300
Figure C.4 – Exemple de schéma en triphasé d'un démarreur rotorique à résistances à trois étapes de démarrage et à un seul sens de marche (dans le cas dans lequel tous les appareils mécaniques de connexion sont des contacteurs).....	301
Figure C.5 – Méthodes et schémas types de démarrage, au moyen d'autotransformateurs, de moteurs à induction à courant alternatif.....	303
Figure C.6 – Exemples de courbes vitesses/temps correspondant aux cas a), b), c), d), e) et f) de 5.3.5.6.1	304
Figure F.1 – Contact miroir	308
Figure L.1 – Processus de conception de sécurité	323
Figure L.2 – Structure type d'un relais thermique de surcharge	327
Figure L.3 – Structure type d'un ACPM	328
Figure M.1 – Courant critique.....	345
Figure N.1 – Protection au moyen de l'impédance de protection	348
Figure N.2 – Instrument de mesure	349
Figure O.1 – Exemple de quantification d'une modification de procédé	352
Figure Q.1 – Coordination à maximum de courant entre un ACPM et un fusible ou protection d'accompagnement par un fusible: caractéristiques de fonctionnement	366
Figure Q.2 – Sélectivité totale entre l'ACPM et les disjoncteurs – Cas 1	367
Figure Q.3 – Sélectivité totale entre l'ACPM et les disjoncteurs – Cas 2	367
Figure Q.4 – Protection d'accompagnement par un disjoncteur – Caractéristiques de fonctionnement – Cas 1	368
Figure Q.5 – Protection d'accompagnement par un disjoncteur – Caractéristiques de fonctionnement – Cas 2	368
Tableau 1 – Catégories d'emploi.....	220
Tableau 2 – Classes de déclenchement des relais de surcharge.....	223
Tableau 3 – Limites de fonctionnement des relais de surcharge à fonctionnement différé alimentés sur tous leurs pôles.....	238
Tableau 4 – Limites de fonctionnement des relais de surcharge tripolaires à fonctionnement différé alimentés sur deux pôles seulement.....	241
Tableau 5 – Limites d'échauffement pour les bobines isolées dans l'air et dans l'huile.....	243
Tableau 6 – Données pour les cycles d'essai de service intermittent	244

Tableau 7 – Pouvoirs de fermeture et de coupure – Conditions de fermeture et de coupure correspondant aux catégories d'emploi.....	246
Tableau 8 – Relation entre le courant d'essai et la durée à l'état non passant pour la vérification des pouvoirs assignés de fermeture et de coupure.....	248
Tableau 9 – Détermination du courant d'emploi pour les catégories d'emploi AC-6a et AC-6b à partir des caractéristiques assignées pour AC-3.....	248
Tableau 10 – Fonctionnement conventionnel en service – Conditions de fermeture et de coupure en fonction de la catégorie d'emploi.....	249
Tableau 11 – Exigences de tenue aux courants de surcharge	251
Tableau 12 – Critères d'acceptation spécifiques pour les essais d'immunité	255
Tableau 13 – Valeur du courant d'essai présumé en fonction du courant assigné d'emploi	277
Tableau 14 – Valeur du courant d'essai présumé en fonction du courant assigné d'emploi (tableau harmonisé)	278
Tableau 15 – Procédure d'essai pour I_{cd}	253
Tableau 16 – Essais d'immunité CEM	283
Tableau 17 – Limites de la tension perturbatrice aux bornes pour les émissions conduites aux fréquences radioélectriques (pour les accès principaux).....	285
Tableau 18– Limites d'essai d'émission rayonnée	286
Tableau 19 – Limites pour les sources d'énergie limitée sans dispositif de protection contre les surintensités	233
Tableau 20 – Limites pour les sources d'énergie limitée avec dispositif de protection contre les surintensités	234
Tableau 21 – Limites pour la source d'énergie limitée avec impédance de limitation de courant	235
Tableau B.1 – Vérification du nombre de cycles de manœuvres en charge – Conditions d'établissement et de coupure correspondant aux diverses catégories d'emploi.....	292
Tableau B.2 – Conditions d'essai	295
Tableau F.1 – Tension d'essai selon l'altitude	309
Tableau G.1 – Puissances assignées d'emploi et courants assignés d'emploi des moteurs	311
Tableau K.1 – Mode de défaillance des contacteurs	318
Tableau K.2 – Rapports types de défaillance pour les contacteurs normalement ouverts	319
Tableau L.1 – Sévérité.....	328
Tableau L.2 – Occurrence.....	329
Tableau L.3 – Niveaux de détection	329
Tableau L.4 – Conclusion	330
Tableau L.5 – Exemple d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets pour relais thermique de surcharge.....	331
Tableau M.1 – Niveaux de tension de choc assignée des contacteurs PV.....	339
Tableau M.2 – Catégories d'emploi	339
Tableau M.3 – Conditions de température de l'air ambiant.....	341
Tableau M.4 – Vérification des pouvoirs assignés de fermeture et de coupure – Conditions de fermeture et de coupure correspondant à la catégorie d'emploi DC-PV.....	342
Tableau M.5 – Fonctionnement conventionnel en service – Conditions de fermeture et de coupure correspondant à la catégorie DC-PV.....	342
Tableau M.6 – Description générale des séquences d'essais.....	343

Tableau M.7 – Nombre de cycles de manœuvres correspondant au courant critique de charge	345
Tableau M.8 – Performances du courant critique de charge	346
Tableau O.1 – Liste des indicateurs de surveillance en courant alternatif.....	351
Tableau O.2 – Différentes possibilités admises pour vérifier les indicateurs	353
Tableau O.3 – Référence pour les conditions de vérification	354
Tableau O.4 – Niveaux d'harmoniques	354

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

**Partie 4-1: Contacteurs et démarreurs de moteurs –
Contacteurs et démarreurs électromécaniques**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60947-4-1 a été établie par le sous-comité 121A: Appareillage à basse tension, du comité d'études 121 de l'IEC: Appareillages et ensembles d'appareillages basse tension.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2009, ainsi que son Amendement 1:2012. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- Structure du domaine d'application et exclusions
- Corrections rédactionnelles des notes et des alinéas suspendus

- Référence à l'IEC 62683-1
- Appareil de connexion de protection des moteurs (ACPM) accompagné de ses exigences
- Aspects relatifs à la sécurité:
 - Aspects généraux;
 - Circuits limités en énergie;
 - Circuits électroniques;
 - Procédure d'évaluation de la protection électromécanique contre les surcharges utilisée dans des applications de sécurité (nouvelle Annexe L)
- Introduction des dispositions relatives à l'impact du courant rotor bloqué plus élevé afin d'atteindre une classe de rendement supérieure
- Mention des accessoires de câblage dédiés
- Mesurage de la puissance d'appel
- Alignement avec l'IEC 60947-1:2007, l'IEC 60947-1:2007/AMD1:2010, et l'IEC 60947-1:2007/AMD2:2014
- Exigences en matière de courant continu pour couvrir les applications photovoltaïques (nouvelle Annexe M)
- Indicateurs de surveillance de charge (nouvelle Annexe O)
- Essais de coupure en court-circuit de l'ACPM (nouvelle Annexe P)
- Coordination dans les conditions de court-circuit entre un ACPM et un autre dispositif de protection contre les courts-circuits associés dans le même circuit (nouvelle Annexe Q)

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
121A/224/FDIS	121A/233/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette Norme internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60947, publiées sous le titre général *Appareillage à basse tension*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le présent document doit être lu conjointement avec l'IEC 60947-1:2007, l'IEC 60947-1:2007/AMD1:2010, l'IEC 60947-1:2007/AMD2:2014, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*. Les dispositions des règles générales sont applicables au présent document, lorsque cela est spécifiquement mentionné.

Les dispositions des règles générales présentées dans l'IEC 60947-1 sont applicables à la présente partie de la série IEC 60947, lorsque cela est spécifiquement mentionné. Les articles et paragraphes, les tableaux, les figures et les annexes des règles générales qui sont donc applicables sont identifiés en référence à l'IEC 60947-1:2007, à l'IEC 60947-1:2007/AMD1:2010 et à l'IEC 60947-1:2007/AMD2:2014. Par exemple, 4.3.4.1 de l'IEC 60947-1:2007, Tableau 4 de l'IEC 60947-1:2007 ou Annexe A de l'IEC 60947-1:2007.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo «*colour inside*» qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Ce document introduit les exigences relatives aux appareils de connexion de protection des moteurs (ACPM).

Les ACPM sont disponibles sur le marché depuis de nombreuses années. Ils sont présentés dans ce document pour couvrir les exigences minimales de sécurité et de performances d'un démarreur moteur à main comportant une protection intégrale, électromécanique ou électronique, contre les courts-circuits. Cet appareil satisfait à toutes les exigences d'un démarreur et aux exigences spécifiques d'un disjoncteur conformément à l'IEC 60947-2 (plus particulièrement I_{cu} et I_{cs}) pour la protection du moteur et de ses circuits avec des appareils de commande (un contacteur, par exemple). Un ACPM n'a pas vocation à prendre en charge les exigences en matière de pôle neutre, de courants continus assignés, de courant assigné ininterrompu I_u , de protection de secours, de retard de déclenchement de court-circuit, de catégorie de sélectivité, de capacité débrochable, de dispositif à courant différentiel résiduel, de disjoncteur à réenclenchement et de CEM de l'IEC 60947-2, etc.

Les disjoncteurs conformes à l'Annexe O de l'IEC 60947-2:2016 présentant des caractéristiques de protection du moteur contre les surcharges selon le présent document, mais sans caractéristiques assignées de démarreur (AC-3, par exemple), sont également disponibles sur le marché. Ces appareils ne sont pas couverts par le présent document.

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 4-1: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Contacteurs et démarreurs électromécaniques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60947 s'applique aux équipements suivants:

- contacteurs électromécaniques et démarreurs, y compris les appareils de connexion de protection des moteurs (ACPM);
- organes de commande de contacteurs auxiliaires;
- contacts destinés exclusivement au circuit de la bobine de ce contacteur ou ce contacteur auxiliaire;
- accessoires dédiés (câblage dédié, accessoires d'accrochage dédié, par exemple);

destinés à être connectés à des circuits de distribution, des circuits de moteur et à d'autres circuits de charge, dont la tension assignée ne dépasse pas 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu.

Le présent document couvre également la procédure d'évaluation de la protection électromécanique contre les surcharges utilisée dans des applications de sécurité, telle que la protection d'un moteur situé dans une atmosphère explosive provenant de l'atmosphère extérieure. Voir l'Annexe L.

Le présent document ne s'applique pas:

- aux démarreurs de moteurs en courant continu¹;

NOTE 1 Des exigences relatives aux démarreurs moteurs en courant continu sont à l'étude pour le prochain cycle de maintenance.

- aux contacts auxiliaires des contacteurs et aux contacts des contacteurs auxiliaires. Ils sont couverts par l'IEC 60947-5-1;
- aux démarreurs utilisés en aval d'un entraînement à fréquence variable¹;

NOTE 2 Des exigences supplémentaires relatives aux démarreurs utilisés en aval d'un entraînement à fréquence variable sont à l'étude pour le prochain cycle de maintenance.

- aux dispositifs de protection contre les courts-circuits intégrés dans les démarreurs autres que des ACPM. Ils sont couverts par l'IEC 60947-2 et l'IEC 60947-3;
- à l'utilisation du produit avec des dispositifs supplémentaires en atmosphères explosives. Elle est spécifiée par la série IEC 60079;
- aux règles de conception de logiciels intégrés¹;
- aux aspects liés à la cybersécurité. Ils sont couverts par la série IEC 62443.

Le présent document a pour objet de fixer:

- a) les caractéristiques du matériel;
- b) les conditions applicables au matériel relativement:
 - 1) à son fonctionnement et son comportement,

¹ À ce sujet, le fabricant est chargé de prendre des mesures de sécurité supplémentaires.

- 2) à ses propriétés diélectriques,
- 3) à son degré de protection,
- 4) à sa construction, y compris les mesures de sécurité contre les chocs électriques, les dangers d'incendie et les dangers mécaniques;
- c) les essais destinés à vérifier si ces conditions sont réalisées, ainsi que les méthodes à adopter pour ces essais;
- d) les renseignements à fournir avec les matériels ou dans la documentation du fabricant.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60034-1:2017, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

IEC 60034-12:2016, *Machines électriques tournantes – Partie 12: Caractéristiques de démarrage des moteurs triphasés à induction à cage à une seule vitesse*

IEC 60034-30-1, *Machines électriques tournantes – Partie 30-1: Classes de rendement pour les moteurs à courant alternatif alimentés par le réseau (code IE)*

IEC 60038, *Tensions normales de la CEI*

IEC 60068-2-14:2009, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

IEC 60079-14, *Atmosphères explosives – Partie 14: Conception, sélection et construction des installations électriques*

IEC 60085:2007, *Isolation électrique – Evaluation et désignation thermiques*

IEC 60364-1:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions*

IEC 60364-7-712, *Installations électriques à basse tension – Partie 7-712: Exigences applicables aux installations ou emplacements spéciaux – Installations d'énergie solaire photovoltaïque (PV)*

IEC 60715:2017, *Dimensions de l'appareillage à basse tension – Montage normalisé sur profilés-supports pour le support mécanique des appareillages et de leurs accessoires*

IEC 60730-1, *Dispositifs de commande électrique automatiques – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60947-1:2007, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

IEC 60947-1:2007/AMD1:2010

IEC 60947-1:2007/AMD2:2014

IEC 60947-2:2016, *Appareillage à basse tension – Partie 2: Disjoncteurs*