

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Measuring relays and protection equipment –
Part 121: Functional requirements for distance protection**

**Relais de mesure et dispositifs de protection –
Partie 121: Exigences fonctionnelles pour protection de distance**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XG

ICS 29.120.70

ISBN 978-2-8322-1399-5

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	9
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	12
4 Specification of the function.....	13
4.1 General.....	13
4.2 Input energizing quantities/energizing quantities	13
4.3 Binary input signals.....	14
4.4 Functional logic.....	15
4.4.1 Faulted phase identification	15
4.4.2 Directional signals	15
4.4.3 Distance protection function characteristics	15
4.4.4 Distance protection zone timers	16
4.5 Binary output signals	16
4.5.1 General	16
4.5.2 Start (pickup) signals	16
4.5.3 Operate signals	17
4.5.4 Other binary output signals	17
4.6 Additional influencing functions/conditions	17
4.6.1 General	17
4.6.2 Inrush current	17
4.6.3 Switch onto fault/trip on reclose	17
4.6.4 Voltage transformer (VT) signal failure (loss of voltage).....	17
4.6.5 Power swings	18
4.6.6 Behavior during frequencies outside of the operating range	18
5 Performance specifications.....	18
5.1 General.....	18
5.2 Effective and operating ranges.....	18
5.3 Basic characteristic accuracy under steady state conditions	19
5.3.1 General	19
5.3.2 Determination of accuracy related to time delay setting	19
5.3.3 Disengaging time	20
5.4 Dynamic performance	20
5.4.1 General	20
5.4.2 Transient overreach (TO).....	20
5.4.3 Operate time and transient overreach (SIR diagrams).....	21
5.4.4 Operate time and transient overreach (CVT-SIR diagrams).....	21
5.4.5 Typical operate time	21
5.5 Performance with harmonics	22
5.5.1 General	22
5.5.2 Steady-state harmonics tests.....	23
5.5.3 Transient LC oscillation tests	23
5.6 Performance during frequency deviation	23
5.6.1 General	23
5.6.2 Steady state testing during frequency deviation	23
5.6.3 Transient testing during frequency deviation	23
5.7 Double infeed tests	24

5.7.1	General	24
5.7.2	Single line, double infeed system.....	24
5.7.3	Double line, double infeed system	24
5.8	Instrument transformer (CT, VT and CVT) requirements	25
5.8.1	General	25
5.8.2	CT requirements	25
6	Functional tests	29
6.1	General.....	29
6.2	Rated frequency characteristic accuracy tests	29
6.2.1	General	29
6.2.2	Basic characteristic accuracy under steady state conditions	30
6.2.3	Basic directional accuracy under steady state conditions	43
6.2.4	Determination of accuracy related to time delay setting	48
6.2.5	Determination and reporting of the disengaging time	48
6.3	Dynamic performance	50
6.3.1	General	50
6.3.2	Dynamic performance: operate time and transient overreach (SIR diagrams)	51
6.3.3	Dynamic performance: operate time and transient overreach (CVT-SIR diagrams)	61
6.3.4	Dynamic performance: transient overreach tests.....	65
6.3.5	Dynamic performance: typical operate time	69
6.4	Performance with harmonics	74
6.4.1	Steady state harmonics tests	74
6.4.2	Transient oscillation tests (network simulation L-C)	75
6.5	Performance during off-nominal frequency	82
6.5.1	Steady state frequency deviation tests.....	82
6.5.2	Transient frequency deviation tests	85
6.6	Double infeed tests	90
6.6.1	Double infeed tests for single line	90
6.6.2	Double infeed tests for parallel lines (without mutual inductance).....	96
6.6.3	Reporting of double infeed test results.....	100
7	Documentation requirements	101
7.1	Type test report	101
7.2	Documentation.....	101
Annex A (informative)	Impedance characteristics	102
A.1	Overview.....	102
A.1.1	General	102
A.1.2	Non-directional circular characteristic	102
A.1.3	MHO characteristic	102
A.1.4	Quadrilateral/polygonal.....	104
A.2	Example characteristics	106
A.2.1	General	106
A.2.2	Non-directional circular characteristic (ohm)	106
A.2.3	Reactive reach line characteristic	106
A.2.4	MHO characteristic	107
A.2.5	Resistive and reactive intersecting lines characteristic.....	107
A.2.6	Offset MHO characteristic.....	108

Annex B (informative) Informative guide for the behaviour of timers in distance protection zones for evolving faults	110
Annex C (normative) Setting example	112
Annex D (normative) Calculation of mean, median and mode.....	115
D.1 Mean	115
D.2 Median.....	115
D.3 Mode	115
D.4 Example.....	115
Annex E (informative) CT saturation and influence on the performance of distance relays	116
Annex F (informative) Informative guide for testing distance relays based on CT requirements specification	119
F.1 General.....	119
F.2 Test data	120
F.3 CT data and CT model	121
Annex G (informative) Informative guide for dimensioning of CTs for distance protection	125
G.1 General.....	125
G.2 Example 1.....	126
G.3 Example 2.....	128
Annex H (normative) Calculation of relay settings based on generic point P expressed in terms of voltage and current.....	131
H.1 Settings for quadrilateral/polygonal characteristic	131
H.2 Settings for MHO characteristic.....	133
Annex I (normative) Ramping methods for testing the basic characteristic accuracy	134
I.1 Relationship between simulated fault impedance and analog quantities	134
I.2 Pre-fault condition.....	134
I.3 Phase to earth faults	134
I.4 Phase to phase faults.	136
I.5 Ramps in the impedance plane	139
I.5.1 Pseudo-continuous ramp	139
I.5.2 Ramp of shots	140
Annex J (normative) Definition of fault inception angle.....	143
Annex K (normative) Capacitive voltage instrument transformer model	145
K.1 General.....	145
K.2 Capacitor voltage transformer (CVT).....	145
Figure 1 – Simplified distance protection function block diagram.....	14
Figure 2 – Basic accuracy specification of an operating characteristic	19
Figure 3 – Basic angular accuracy specifications of directional lines	20
Figure 4 – SIR diagram – Short line average operate time	22
Figure 5 – Fault positions to be considered for specifying the CT requirements	26
Figure 6 – Test procedure for basic characteristic accuracy.....	31
Figure 7 – Calculated test points A, B and C based on the effective range of U and I	32
Figure 8 – Modified points B' and C' based on the limited setting range	32
Figure 9 – Position of test points A, B, C, D and E in the effective range of U and I	33
Figure 10 – Position of test points A, B', C', D and E in the effective range of U and I	33

Figure 11 – Quadrilateral characteristic showing ten test points	34
Figure 12 – Quadrilateral characteristic showing test ramps.....	35
Figure 13 – Quadrilateral characteristic showing accuracy limits	36
Figure 14 – Quadrilateral/polygonal characteristic showing accuracy limits	37
Figure 15 – MHO characteristic showing nine test points	37
Figure 16 – MHO characteristic showing test ramps.....	38
Figure 17 – Accuracy limits for MHO characteristic	39
Figure 18 – Basic directional element accuracy tests	44
Figure 19 – Directional element accuracy tests in the second quadrant.....	45
Figure 20 – Directional element accuracy tests in the second quadrant.....	46
Figure 21 – Directional element accuracy tests in the fourth quadrant.....	46
Figure 22 – Directional test accuracy lines in the fourth quadrant	47
Figure 23 – Position of the three-phase fault for testing the disengaging time	49
Figure 24 – Sequence of events for testing the disengaging time	50
Figure 25 – Power system network with zero load transfer.....	51
Figure 26 – Dynamic performance: operate time and dynamic overreach (SIR diagram)	55
Figure 27 – SIR diagram for short line: minimum operate time	56
Figure 28 – SIR diagram for short line: average operate time.....	57
Figure 29 – SIR diagram for short line: maximum operate time	57
Figure 30 – Dynamic performance tests (SIR diagrams).....	59
Figure 31 – SIR diagram for long line: minimum operate time	61
Figure 32 – SIR diagram for long line: average operate time	62
Figure 33 – SIR diagram for long line: maximum operate time	62
Figure 34 – Dynamic performance: operate time and dynamic overreach (CVT-SIR diagram)	64
Figure 35 – CVT-SIR diagram for short line: minimum operate time	66
Figure 36 – CVT-SIR diagram for short line: average operate time.....	66
Figure 37 – CVT-SIR diagram for a short line: maximum operate time	67
Figure 38 – Fault statistics for typical operate time	70
Figure 39 – Frequency distribution of operate time	73
Figure 40 – Ramping test for harmonics.....	75
Figure 41 – Steady-state harmonics test.....	77
Figure 42 – Simulated power system network	78
Figure 43 – Flowchart of transient oscillation tests	79
Figure 44 – Simulated voltages (U_{L1} , U_{L2} , U_{L3}) and currents (I_{L1} , I_{L2} , I_{L3})	81
Figure 45 – Transient oscillation tests – Operate time.....	82
Figure 46 – Test points for quadrilateral characteristics	83
Figure 47 – Test points for MHO characteristic	83
Figure 48 – Test ramp direction for quadrilateral characteristic	83
Figure 49 – Test ramp direction for MHO characteristic.....	84
Figure 50 – Steady-state frequency deviation tests	86
Figure 51 – Short line model for frequency deviation test.....	87
Figure 52 – Flowchart of transient frequency deviation tests	89

Figure 53 – SIR diagrams for frequency deviation tests – average operate time.....	90
Figure 54 – Network model for single line tests	91
Figure 55 – Line to earth fault	92
Figure 56 – Line to line fault	92
Figure 57 – Line to line to earth fault	92
Figure 58 – Three-phase fault.....	93
Figure 59 – Network model for parallel lines tests	98
Figure 60 – Network model for current reversal test	99
Figure A.1 – Non-directional circular characteristic with directional supervision	102
Figure A.2 – MHO characteristic	103
Figure A.3 – Quadrilateral/polygonal characteristics	104
Figure A.4 – Non-directional circular characteristic (ohm)	106
Figure A.5 – Reactive reach line characteristic	107
Figure A.6 – MHO characteristics	107
Figure A.7 – Resistive and reactive intersecting lines characteristics	108
Figure A.8 – Offset MHO.....	108
Figure B.1 – The same fault type evolving from time delayed zone 3 (position 1) into time delayed zone 2 (position 2) after 200 ms.....	110
Figure B.2 – Phase to earth fault in time delayed zone 3 (position 1) evolving into three-phase fault in the same zone (position 2) after 200 ms	111
Figure C.1 – Setting example for a radial feeder	112
Figure C.2 – Phase to earth fault (LN)	113
Figure C.3 – Phase to phase fault (LL).....	114
Figure E.1 – Fault positions to be considered for specifying the CT requirements	117
Figure F.1 – Fault positions to be considered.....	119
Figure F.2 – Double source network	120
Figure F.3 – Magnetization curve for the basic CT	122
Figure F.4 – Secondary current at the limit of saturation caused by AC component with no remanent flux in the CT.....	123
Figure F.5 – Secondary current in case of maximum DC offset	123
Figure G.1 – Distance relay example 1	126
Figure G.2 – Distance relay example 2	128
Figure H.1 – Quadrilateral/polygonal characteristic showing test point P on the reactive reach line.....	131
Figure H.2 – Quadrilateral distance protection function characteristic showing test point P on the resistive reach line.	132
Figure H.3 – MHO characteristic showing test point P	133
Figure I.1 – Three-line diagram showing relay connections and L1N fault	135
Figure I.2 – Voltage and current phasors for L1N fault	135
Figure I.3 – Voltages and currents for L1N fault, constant fault current	136
Figure I.4 – Voltages and currents for L1N fault, constant fault voltage	136
Figure I.5 – Three-line diagram showing relay connections and L1L2 fault.....	137
Figure I.6 – Voltage and current phasors for L1L2 fault.....	138
Figure I.7 – Voltages and currents for L1L2 fault, constant fault current.....	138
Figure I.8 – Voltages and currents for L1L2 fault, constant fault voltage	139

Figure I.9 – Pseudo-continuous ramp distance relay characteristic on an impedance plane	140
Figure I.10 – Pseudo-continuous ramp showing impedance step change and the time step	140
Figure I.11 – Ramp of shots distance relay characteristic on an impedance plane	141
Figure I.12 – Ramp of shots showing impedance step change and the time step	142
Figure I.13 – Ramp of shots with binary search algorithm	142
Figure J.1 – Graphical definition of fault inception angle	143
Figure K.1 – CVT equivalent electrical circuit	145
Figure K.2 – Transient response of the 50 Hz version of the CVT model	147
Table 1 – Example of effective and operating ranges of distance protection	18
Table 2 – Recommended levels of remanence in the optional cases when remanence is considered	27
Table 3 – Basic characteristic accuracy for various points (quadrilateral/polygonal)	42
Table 4 – Overall basic characteristic accuracy (quadrilateral/polygonal)	42
Table 5 – Basic characteristics accuracy for various points (MHO)	42
Table 6 – Overall basic characteristic accuracy (MHO)	42
Table 7 – Basic directional accuracy for various fault types	47
Table 8 – Basic directional accuracy $e_{\alpha}\chi$	47
Table 9 – Results of disengaging time for all the tests	50
Table 10 – Short line SIR and source impedance for selected rated current and frequency	53
Table 11 – Short line SIR and source impedances for other rated current and frequency	54
Table 12 – Long line SIR and source impedances for selected rated current and frequency	59
Table 13 – Long line SIR and source impedances for other rated current and frequency	60
Table 14 – Short line CVT-SIR source impedance	63
Table 15 – Transient overreach table for short line	68
Table 16 – Transient overreach table for long line	68
Table 17 – Transient overreach table for short line with CVTs	69
Table 18 – Typical operate time	71
Table 19 – Typical operate time	71
Table 20 – Typical operate time	72
Table 21 – Typical operate time (mode, median, mean)	73
Table 22 – Steady state harmonics test	75
Table 23 – Capacitance values	78
Table 24 – Quadrilateral/polygonal basic characteristic accuracy at $f_{\min}$ and $f_{\max}$	85
Table 25 – MHO basic characteristic accuracy at $f_{\min}$ and $f_{\max}$	85
Table 26 – Tests without pre-fault load	94
Table 27 – Tests with pre-fault load	95
Table 28 – Current reversal test	98
Table 29 – Evolving faults (only one line affected)	99
Table 30 – Evolving faults (both lines affected)	100
Table 31 – Double infeed test results	101

Table F.1 – Magnetization curve data	122
Table G.1 – Fault currents	127
Table G.2 – Fault currents	128
Table J.1 – Fault type and reference voltage	144
Table K.1 – Parameter values for the 50 Hz version of the CVT model	146
Table K.2 – Parameter values for the 60 Hz version of the CVT model	146

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MEASURING RELAYS AND PROTECTION EQUIPMENT –**Part 121: Functional requirements for distance protection**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60255-121 has been prepared by IEC technical committee 95: Measuring relays and protection equipment.

This standard cancels and replaces IEC 60255-16.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
95/319/FDIS	95/321/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 60255 series, published under the general title *Measuring relays and protection equipment*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

MEASURING RELAYS AND PROTECTION EQUIPMENT –

Part 121: Functional requirements for distance protection

1 Scope

This part of IEC 60255 specifies minimum requirements for functional and performance evaluation of distance protection function typically used in, but not limited to, line applications for effectively earthed, three-phase power systems. This standard also defines how to document and publish performance tests.

This standard covers distance protection function whose operating characteristic can be defined on an impedance plane and includes specification of the protection function, measurement characteristics, phase selection, directionality, starting and time delay characteristics.

The test methodologies for verifying performance characteristics and accuracy are included in this standard. The standard defines the influencing factors that affect the accuracy under steady state conditions and performance characteristics during dynamic conditions. It also includes the instrument transformer requirements for the protection function.

The distance protection functions covered by this standard are as follows:

	IEEE/ANSI C37.2 Function numbers	IEC 61850-7-4 Logical nodes
Phase distance protection	21	PDIS
Earth (ground) distance protection	21G	PDIS

This standard does not specify the functional description of additional features often associated with digital distance relays such as power swing blocking (PSB), out of step tripping (OST), voltage transformer (VT) supervision, switch onto fault (SOTF), trip on reclose (TOR), the logic for cross country faults in not effectively earthed networks, and trip conversion logic. Only their influence on the distance protection function is covered in this standard. The protection of series-compensated lines is beyond the scope of this standard.

The general requirements for measuring relays and protection equipment are defined in IEC 60255-1.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 60255-1, *Measuring relays and protection equipment – Part 1: Common requirements*

IEC 61850 (all parts), *Communication networks and systems for power utility automation*

IEC 61869-2:2012, *Instrument transformers – Part 2: Additional requirements for current transformers*

IEC 61869-5:2011, *Instrument transformers – Part 5: Additional requirements for capacitor voltage transformers*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	155
1 Domaine d'application	157
2 Références normatives	158
3 Termes et définitions	158
4 Spécification de la fonction	159
4.1 Généralités	159
4.2 Grandeurs d'alimentation d'entrée/grandeurs d'alimentation	160
4.3 Signaux d'entrée binaires	161
4.4 Logique fonctionnelle	161
4.4.1 Identification des phases en défaut	161
4.4.2 Signaux directionnels	162
4.4.3 Caractéristiques de la fonction de protection de distance	162
4.4.4 Temporisateurs de zone de protection de distance	162
4.5 Signaux de sortie binaires	163
4.5.1 Généralités	163
4.5.2 Signaux de démarrage (pickup)	163
4.5.3 Signaux de fonctionnement	163
4.5.4 Autres signaux de sortie binaires	163
4.6 Fonctions/conditions d'influence complémentaires	164
4.6.1 Généralités	164
4.6.2 Courant d'appel	164
4.6.3 Fermeture sur défaut/déclenchement sur refermeture	164
4.6.4 Défaillance de signal de transformateur de tension (TP) (perte de tension)	164
4.6.5 Oscillations de puissance	164
4.6.6 Comportement avec des fréquences situées à l'extérieur du domaine de fonctionnement	165
5 Spécifications de performance	165
5.1 Généralités	165
5.2 Étendue de mesure et domaine de fonctionnement	165
5.3 Précision de base de la caractéristique dans des conditions de régime établi	165
5.3.1 Généralités	165
5.3.2 Détermination de l'exactitude relative à la valeur de réglage du retard temporel	166
5.3.3 Temps de dégagement	167
5.4 Performance dynamique	167
5.4.1 Généralités	167
5.4.2 Dépassement sur transitoire (TO)	168
5.4.3 Temps de fonctionnement et dépassement sur transitoire (diagrammes SIR)	168
5.4.4 Temps de fonctionnement et dépassement sur transitoire (diagrammes SIR-CVT)	168
5.4.5 Temps de fonctionnement type	169
5.5 Performance avec harmoniques	170
5.5.1 Généralités	170
5.5.2 Essais d'harmoniques en régime établi	170
5.5.3 Essais des oscillations LC en transitoire	171

5.6	Performance au cours de l'écart de fréquence	171
5.6.1	Généralités	171
5.6.2	Essais de régime établi dans des conditions d'écart de fréquence	171
5.6.3	Essais en transitoire dans des conditions d'écart de fréquence.....	171
5.7	Essais de double alimentation.....	172
5.7.1	Généralités	172
5.7.2	Système ligne unique, double alimentation	172
5.7.3	Système ligne double, double alimentation	172
5.8	Exigences relatives aux transformateurs de mesure (TC, TP et CVT)	173
5.8.1	Généralités	173
5.8.2	Exigences relatives au transformateur de courant.....	173
6	Essais fonctionnels.....	178
6.1	Généralités	178
6.2	Essais de précision de la caractéristique en fréquence assignée	179
6.2.1	Généralités	179
6.2.2	Précision de base de la caractéristique dans des conditions de régime établi.....	179
6.2.3	Précision directionnelle de base dans des conditions de régime établi.....	192
6.2.4	Détermination de la précision relative à la valeur de réglage du retard temporel	197
6.2.5	Détermination et rapport du temps de dégagement.....	197
6.3	Performance dynamique	199
6.3.1	Généralités	199
6.3.2	Performance dynamique: temps de fonctionnement et dépassement sur transitoire (diagrammes SIR).....	200
6.3.3	Performance dynamique: temps de fonctionnement et dépassement sur transitoire (digrammes SIR-CVT)	210
6.3.4	Performance dynamique: essais de dépassement sur transitoire	215
6.3.5	Performance dynamique: temps de fonctionnement type	219
6.4	Performance avec des harmoniques	224
6.4.1	Essais d'harmoniques en régime établi	224
6.4.2	Essais d'oscillation transitoire (simulation de réseau L-C).....	225
6.5	Performance avec fréquence hors nominale.....	233
6.5.1	Essais d'écart de fréquence en régime établi	233
6.5.2	Essais d'écart de fréquence transitoire	236
6.6	Essais de double alimentation.....	242
6.6.1	Essais de double alimentation pour une seule ligne	242
6.6.2	Essais de double alimentation pour des lignes parallèles (sans inductance mutuelle)	248
6.6.3	Rapports relatifs aux résultats d'essai de double alimentation	252
7	Exigences relatives à la documentation	252
7.1	Rapport d'essais de type	252
7.2	Documentation.....	253
Annexe A (informative)	Caractéristiques d'impédance.....	254
A.1	Vue d'ensemble	254
A.1.1	Généralités	254
A.1.2	Caractéristique circulaire non directionnelle.....	254

A.1.3	Caractéristique "MHO"	255
A.1.4	Quadrilatère/polygone	256
A.2	Caractéristiques exemplaires	258
A.2.1	Généralités	258
A.2.2	Caractéristique circulaire non directionnelle (ohm).....	258
A.2.3	Caractéristique de ligne de portée réactive	260
A.2.4	Caractéristique "MHO"	260
A.2.5	Caractéristique de lignes résistives et réactives sécantes.....	261
A.2.6	Caractéristique "MHO" avec décalage	261
Annexe B (informative) Guide informatif pour le comportement des temporisateurs dans les zones de protection de distance pour défauts évolutifs		263
Annexe C (normative) Exemple de réglages		265
Annexe D (normative) Calcul de moyenne, de médiane et de mode		268
D.1	Moyenne	268
D.2	Médiane	268
D.3	Mode	268
D.4	Exemple	268
Annexe E (informative) Saturation de TC et influence sur la performance des relais de distance		269
Annexe F (informative) Guide informatif pour essais de relais de distance selon la spécification des exigences relatives aux CT		272
F.1	Généralités	272
F.2	Données d'essai	273
F.3	Données de TC et modèle de TC	274
Annexe G (informative) Guide informatif pour le dimensionnement des TC pour la protection de distance		279
G.1	Généralités	279
G.2	Exemple 1	280
G.3	Exemple 2	282
Annexe H (normative) Calcul des réglages de relais en fonction du point générique P exprimés en termes de tension et de courant		286
H.1	Réglages pour une caractéristique quadrilatérale/polygonale	286
H.2	Réglages pour la caractéristique "MHO"	288
Annexe I (normative) Méthodes de rampes pour les essais de la précision de base de la caractéristique		289
I.1	Relation entre l'impédance de défaut simulée et les grandeurs analogues	289
I.2	État avant défaut	289
I.3	Défauts phase-terre	289
I.4	Défauts phase-phase	292
I.5	Rampes dans le plan d'impédance	294
I.5.1	Rampe pseudocontinue	294
I.5.2	Rampe de coups	295
Annexe J (normative) Définition de l'angle d'apparition de défaut		298
Annexe K (normative) Modèle de transformateur de mesure condensateur de tension		300
K.1	Généralités	300
K.2	Transformateur condensateur de tension (CVT)	300

Figure 1 – Schéma de principe simplifié d'une fonction de protection de distance	160
--	-----

Figure 2 – Spécification de la précision de base d'une caractéristique de fonctionnement	166
Figure 3 – Spécifications de l'exactitude angulaire de base des lignes directionnelles	167
Figure 4 – Diagramme SIR – Temps de fonctionnement moyen de courte ligne	170
Figure 5 – Positions de défaut devant être considérées pour spécifier les exigences relatives aux TC.....	175
Figure 6 – Procédure d'essai pour la précision de base de la caractéristique	180
Figure 7 – Points d'essai calculés A, B et C en fonction de l'étendue de mesure de U et I ..	181
Figure 8 – Points modifiés B' et C' en fonction du domaine de réglage limité	181
Figure 9 – Position des points d'essai A, B, C, D et E en fonction de l'étendue de mesure de U et I	182
Figure 10 – Position des points d'essai A, B', C', D et E en fonction de l'étendue de mesure de U et I	182
Figure 11 – Caractéristique quadrilatérale montrant dix points d'essai	183
Figure 12 – Caractéristique quadrilatérale montrant des rampes d'essai	184
Figure 13 – Caractéristique quadrilatérale montrant des limites de précision	185
Figure 14 – Caractéristique quadrilatérale/polygonale montrant des limites de précision.....	186
Figure 15 – Caractéristique "MHO" montrant neuf points d'essai.....	186
Figure 16 – Caractéristique "MHO" montrant des rampes d'essai.....	187
Figure 17 – Limites de précision pour la caractéristique "MHO"	188
Figure 18 – Essais de précision de base d'élément directionnel	193
Figure 19 – Essais d'exactitude d'élément directionnel dans le deuxième quadrant.....	194
Figure 20 – Essais de précision d'élément directionnel dans le deuxième quadrant	195
Figure 21 – Essais de précision d'élément directionnel dans le quatrième quadrant.....	195
Figure 22 – Lignes d'exactitude d'essai directionnelle dans le quatrième quadrant	196
Figure 23 – Position du défaut triphasé pour les essais du temps de dégagement	198
Figure 24 – Séquence d'événements pour les essais du temps de dégagement.....	199
Figure 25 – Réseau de système de puissance avec transfert de charge zéro.....	200
Figure 26 – Performance dynamique: temps de fonctionnement et dépassement dynamique (diagramme SIR).....	204
Figure 27 – Diagramme SIR pour courte ligne: temps de fonctionnement minimal.....	205
Figure 28 – Diagramme SIR pour courte ligne: temps de fonctionnement moyen	206
Figure 29 – Diagramme SIR pour ligne courte: temps de fonctionnement maximal.....	206
Figure 30 – Essais de performance dynamique (diagrammes SIR).....	208
Figure 31 – Diagramme SIR pour longue ligne: temps de fonctionnement minimal	210
Figure 32 – Diagramme SIR pour longue ligne: temps de fonctionnement moyen.....	211
Figure 33 – Diagramme SIR pour longue ligne: temps de fonctionnement maximal	211
Figure 34 – Performance dynamique: temps de fonctionnement et dépassement dynamique (diagramme SIR-CVT).....	214
Figure 35 – Diagramme SIR-CVT pour courte ligne: temps de fonctionnement minimal.....	216
Figure 36 – Diagramme SIR-CVT pour courte ligne: temps de fonctionnement moyen	216
Figure 37 – Diagrammes SIR-CVT pour une courte ligne: temps de fonctionnement maximal.....	217
Figure 38 – Statistiques des défauts pour le temps de fonctionnement type	220
Figure 39 – Distribution en fréquence du temps de fonctionnement	223

Figure 40 – Essai de rampe pour harmoniques	225
Figure 41 – Essai d'harmoniques en régime établi	227
Figure 42 – Réseau d'énergie simulé	228
Figure 43 – Organigramme des essais d'oscillation transitoire	230
Figure 44 – Tensions (U_{L1} , U_{L2} , U_{L3}) et courants (I_{L1} , I_{L2} , I_{L3}) simulés	231
Figure 45 – Essais d'oscillation transitoire – Temps de fonctionnement	232
Figure 46 – Points d'essai pour des caractéristiques quadrilatérales	233
Figure 47 – Points d'essai pour la caractéristique "MHO"	233
Figure 48 – Sens des rampes d'essai pour la caractéristique quadrilatérale	234
Figure 49 – Sens des rampes d'essai pour la caractéristique "MHO"	234
Figure 50 – Essais d'écart de fréquence en régime établi	237
Figure 51 – Modèle de courte ligne pour l'essai d'écart de fréquence	238
Figure 52 – Organigramme des essais d'écart de fréquence transitoire	240
Figure 53 – Diagrammes SIR pour essais d'écart de fréquence – temps de fonctionnement moyen	241
Figure 54 – Modèle de réseau pour essais d'une seule ligne	242
Figure 55 – Défaut phase terre	243
Figure 56 – Défaut entre phases	243
Figure 57 – Défaut biphasé à la terre	244
Figure 58 – Défaut triphasé	244
Figure 59 – Modèle de réseau pour essais de lignes parallèles	249
Figure 60 – Modèle de réseau pour l'essai d'inversion de courant	250
Figure A.1 – Caractéristique circulaire non directionnelle avec supervision directionnelle	254
Figure A.2 – Caractéristique MHO	255
Figure A.3 – Caractéristiques quadrilatérales/polygonales	257
Figure A.4 – Caractéristique circulaire non directionnelle (ohm)	259
Figure A.5 – Caractéristique de ligne de portée réactive	260
Figure A.6 – Caractéristiques "MHO"	260
Figure A.7 – Caractéristiques de lignes résistives et réactives sécantes	261
Figure A.8 – "MHO" avec décalage	261
Figure B.1 – Le même type de défaut évoluant de la zone temporisée 3 (position 1) à la zone temporisée 2 (position 2) après 200 ms	263
Figure B.2 – Défaut phase-terre dans la zone temporisée 3 (position 1) évoluant en défaut triphasé dans la même zone (position 2) après 200 ms	264
Figure C.1 – Exemple de réglage pour une ligne d'alimentation radiale	265
Figure C.2 – Défaut phase-terre (LN)	266
Figure C.3 – Défaut phase-phase(LL)	267
Figure E.1 – Positions de défaut devant être considérées pour spécifier les exigences relatives aux TC	270
Figure F.1 – Positions de défaut devant être prises en considération	272
Figure F.2 – Réseau à double source	273
Figure F.3 – Courbe d'aimantation pour le TC de base	276
Figure F.4 – Courant secondaire à la limite de saturation provoquée par la composante alternative sans flux rémanent dans le TC	276

Figure F.5 – Courant secondaire en cas de décalage CC maximal	277
Figure G.1 – Exemple 1 de relais de distance	280
Figure G.2 – Exemple 2 de relais de distance	282
Figure H.1 – Caractéristique quadrilatérale/polygonale montrant le point d'essai P sur la ligne de portée réactive	286
Figure H.2 – Caractéristique quadrilatérale de la fonction de protection de distance montrant le point d'essai P sur la ligne de portée résistive	287
Figure H.3 – Caractéristique "MHO" montrant le point d'essai P	288
Figure I.1 – Diagramme à trois lignes montrant les connexions de relais et le défaut L1N	290
Figure I.2 – Phaseurs de tension et de courant pour le défaut L1N	290
Figure I.3 – Tensions et courants pour le défaut L1N, courant de défaut constant	291
Figure I.4 – Tensions et courants pour le défaut L1N, tension de défaut constante	291
Figure I.5 – Diagramme à trois lignes montrant les connexions de relais et le défaut L1L2	292
Figure I.6 – Phaseurs de tension et de courant pour le défaut L1L2	293
Figure I.7 – Tensions et courants pour le défaut L1L2, courant de défaut constant	293
Figure I.8 – Tensions et courants pour le défaut L1L2, tension de défaut constante	294
Figure I.9 – Caractéristique de relais de distance à rampes pseudocontinues sur un plan d'impédance	295
Figure I.10 – Rampe pseudocontinue montrant le changement par échelons d'impédance et l'échelon de temps	295
Figure I.11 – Caractéristique de relais de distance à rampes à coups sur un plan d'impédance	296
Figure I.12 – Rampe à coups montrant le changement par échelons d'impédance et l'échelon de temps	297
Figure I.13 – Rampe à coups avec algorithme de recherche dichotomique	297
Figure J.1 – Définition graphique de l'angle d'apparition de défaut	298
Figure K.1 – Circuit électrique équivalent du CVT	300
Figure K.2 – Réponse transitoire de la version 50 Hz du modèle de CVT	302
Tableau 1 – Exemple d'étendues de mesure et de domaines de fonctionnement de la protection de distance	165
Tableau 2 – Niveaux recommandés de rémanence dans les cas en option lorsque la rémanence est prise en considération	176
Tableau 3 – Précision de base de la caractéristique (quadrilatérale/polygonale) pour divers points	191
Tableau 4 – Précision de base globale de la caractéristique (quadrilatérale/polygonale)	191
Tableau 5 – Précision de base de la caractéristique pour divers points (MHO)	191
Tableau 6 – Précision de base globale de la caractéristique (MHO)	192
Tableau 7 – Précision directionnelle de base pour divers types de défauts	196
Tableau 8 – Exactitude directionnelle de base $e_{\alpha\chi}$	197
Tableau 9 – Résultats du temps de dégagement pour tous les essais	199
Tableau 10 – SIR de courte ligne et impédance de source pour un courant et une fréquence assignés	202
Tableau 11 – SIR de courte ligne et impédances de source pour d'autres valeurs du courant et de la fréquence assignés	203

Tableau 12 – SIR de longue ligne et impédances de source pour des valeurs sélectionnées du courant et de la fréquence assignés	208
Tableau 13 – SIR de longue ligne et impédances de source pour d'autres valeurs du courant et de la fréquence assignés.....	209
Tableau 14 – Impédance de source des SIR-CVT de courte ligne	212
Tableau 15 – Table de dépassement sur transitoire pour courte ligne	218
Tableau 16 – Table de dépassement sur transitoire pour longue ligne	218
Tableau 17 – Table de dépassement sur transitoire pour courte ligne avec des CVT	219
Tableau 18 – Temps de fonctionnement type	221
Tableau 19 – Temps de fonctionnement type	221
Tableau 20 – Temps de fonctionnement type	222
Tableau 21 – Temps de fonctionnement type (mode, médiane, moyenne).....	223
Tableau 22 – Essai d'harmoniques en régime établi.....	225
Tableau 23 – Valeurs de capacité	228
Tableau 24 – Précision de base de la caractéristique quadrilatérale/ polygonale à $f_{\min}$ et $f_{\max}$	235
Tableau 25 – Précision de base de la caractéristique "MHO" à $f_{\min}$ et $f_{\max}$	236
Tableau 26 – Essais sans charge avant défaut	245
Tableau 27 – Essais avec charge avant défaut	246
Tableau 28 – Essai d'inversion de courant	250
Tableau 29 – Défauts évolutifs (une seule ligne affectée)	251
Tableau 30 – Défauts évolutifs (les deux lignes étant affectées)	251
Tableau 31 – Résultats d'essai de double alimentation	252
Tableau F.1 – Données de courbe d'aimantation.....	275
Tableau G.1 – Courants de défaut	281
Tableau G.2 – Courants de défaut	283
Tableau J.1 – Type de défaut et tension de référence	299
Tableau K.1 – Valeurs des paramètres pour la version 50 Hz du modèle de CVT.....	301
Tableau K.2 – Valeurs des paramètres pour la version 60 Hz du modèle de CVT.....	301

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RELAIS DE MESURE ET DISPOSITIFS DE PROTECTION –

Partie 121: Exigences fonctionnelles pour protection de distance

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI 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 CEI 60255-121 a été établie par le comité d'études 95 de la CEI: Relais de mesure et dispositifs de protection.

La présente norme annule et remplace la CEI 60255-16.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
95/319/FDIS	95/321/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60255-121, publiées sous le titre général *Relais de mesure et dispositifs de protection*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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.

RELAIS DE MESURE ET DISPOSITIFS DE PROTECTION –

Partie 121: Exigences fonctionnelles pour protection de distance

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60255 spécifie les exigences minimales relatives à l'évaluation fonctionnelle et à l'évaluation des performances de la fonction de protection de distance typiquement utilisée, sans s'y limiter à des applications de lignes dans des systèmes électriques triphasés avec mise à la terre directe. La présente norme définit également comment documenter et éditer des essais de qualification.

La présente norme couvre la fonction de protection de distance dont la caractéristique de fonctionnement peut être définie sur un plan d'impédance et inclut la spécification de la fonction de protection, les caractéristiques de mesure, la sélection de phase, la directionnalité, les caractéristiques de démarrage et de temporisation.

Les méthodologies d'essai pour vérifier les caractéristiques de performance et de précision sont incluses dans la présente norme. La norme définit les facteurs d'influence qui affectent la précision dans des conditions de régime établi et les caractéristiques de performance pendant des conditions dynamiques. Pour la fonction de protection, elle inclut aussi les exigences relatives aux transformateurs de mesure.

Les fonctions de protection de distance couvertes par la présente norme sont comme suit:

	IEEE/ANSI C37.2 Numéros de fonction	CEI 61850-7-4 Nœuds logiques
Protection de distance de phase	21	PDIS
Protection de distance de terre (masse)	21G	PDIS

La présente norme ne spécifie pas la description fonctionnelle des caractéristiques complémentaires souvent associées à des relais de distance numériques, tels que les relais blocage d'oscillation de puissance (PSB)¹, les relais de déclenchement contre les pertes de synchronisme (OST)², la supervision des transformateurs de tension (VT), la fermeture sur défaut (SOTF)³, le déclenchement sur refermeture (TOR)⁴, la logique pour des défauts multiples dans des réseaux non efficacement mis à la terre, et la logique de conversion de déclenchement. Seule leur influence sur la fonction de protection de distance est couverte dans la présente norme. La protection de lignes à compensation série ne relève pas du domaine d'application de la présente norme.

Les exigences générales relatives aux relais de mesure et aux équipements de protection sont définies dans la norme CEI 60255-1.

¹ Power swing blocking *en anglais*.

² Out of step tripping *en anglais*.

³ Switch on to fault *en anglais*.

⁴ Trip on reclose *en anglais*.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

CEI 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electrotechnique International* (disponible sous <<http://www.electropedia.org>>)

CEI 60255-1, *Relais de mesure et dispositifs de protection – Partie 1: Exigences générales*

CEI 61850 (toutes les parties), *Réseaux et systèmes de communication pour l'automatisation des systèmes électriques*

CEI 61869-2:2012, *Transformateurs de mesure – Partie 2: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs de courant*

CEI 61869-5:2011, *Transformateurs de mesure – Partie 5: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs condensateurs de tension*