

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 79 (1988)

Heft: 19

Artikel: Essais d'établissement et de coupure de courant d'un interrupteur de charge moyenne tension

Autor: Seysen, R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-904087>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 08.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Essais d'établissement et de coupure de courant d'un interrupteur de charge moyenne tension

R. Seysen

L'interrupteur de charge moyenne tension (MT) est un appareil mécanique de connexion simple qui peut remplacer un disjoncteur dans certaines applications. Malgré sa simplicité, les essais de type le concernant sont nombreux, complexes et coûteux. Les essais d'enclenchement et de coupure sont le sujet du présent article.

Mittelspannungs-Lastschalter sind einfache Schaltgeräte, die in manchen Anwendungsfällen Leistungsschalter ersetzen können. Trotz ihrer Einfachheit erfordern sie zahlreiche, vielseitige und teure Typenprüfungen. Gegenstand dieses Beitrags sind die dazugehörigen Ein- und Ausschaltprüfungen.

L'interrupteur de charge est l'un des appareils mécaniques de connexion les plus répandus dans les réseaux moyenne tension de distribution. Avec son pouvoir de coupure adapté à la charge qu'il alimente, il est meilleur marché qu'un disjoncteur de même courant assigné parce que le pouvoir de coupure de celui-ci doit répondre à la puissance de court-circuit de tout le réseau situé en amont du site où il est installé. Ainsi, le pouvoir de coupure de l'interrupteur n'atteint que quelques % de celui du disjoncteur.

On pourrait donc imaginer que la vérification du pouvoir de coupure d'un interrupteur serait simple par rapport à celle d'un disjoncteur. Vu le prix limité d'un interrupteur, ce serait même souhaitable, mais la vérité se révèle – comme c'est souvent le cas – assez contraire à cette imagination.

Nombre de manœuvres d'essai en pleine tension

Le chapitre 6 de la norme CEI publication 265-1 [1] contient les prescriptions pour tous les essais de type prévus pour les interrupteurs et, particulièrement sous 6.101, celles pour les essais d'établissement et de coupure qui seront examinés de plus près ici. Dans le cas le plus important, c'est-à-dire pour l'interrupteur tripolaire avec couplage mécanique des trois pôles, la norme demande cinq séquences d'essai dont les quatre premières doivent se suivre sans entretien:

- séquence 1: 10 fois F-O, «charge principalement active»
- séquence 2: 10 fois F-O, «boucle fermée»
- séquence 3: 20 fois F-O, 5% de la «charge principalement active»
- séquence 4: 20 fois F-O, «câble à vide»
- séquence 5: 2 fois F, «fermeture sur court-circuit».

F-O décrit une manœuvre complète sous charge (fermeture suivie d'une ouverture) tandis que F n'est qu'une fermeture sous charge suivie d'une ouverture à vide. Les termes entre guillemets désignent les différents circuits d'essai dans lesquels l'interrupteur doit être essayé. Ils seront traités en détail ci-dessous.

A première vue, le nombre de manœuvres à effectuer en pleine tension est alors de 62.

Très souvent cependant, ce nombre se double déjà si les parties de l'interrupteur des deux côtés des contacts principaux ne sont pas symétriques; dans ce cas, le résultat de l'essai peut dépendre du choix de la partie qui – après coupure – reste sous tension. Les deux possibilités doivent alors être prises en considération.

La mécanique des interrupteurs, souvent très simple, peut être une autre raison de multiplication du nombre d'essais à effectuer: l'exécution de l'ordre d'ouverture immédiatement après une fermeture conduit inévitablement à une durée minimum pendant laquelle les contacts restent fermés. Les éléments du circuit d'essai, notamment les résistances, ne supportent le courant d'essai que pendant une durée limitée. Si le minimum de la durée «contacts fermés» dépasse cette valeur, chaque essai de F-O doit être scindé en deux: essai de fermeture d'abord, suivi assez rapidement d'une coupure de courant par un autre appareil, et deuxième essai ensuite, ouverture cette fois avec enclenchement préalable à l'aide d'un troisième appareil.

Un simple calcul des puissances et énergies en jeu montre que la durée admissible n'est jamais très grande: un essai à 630 A sous 24 kV avec un facteur de puissance de 0,7 correspond à une puissance de 18 000 kW dont

Adresse de l'auteur

Rudolf Seysen, ing. dipl., Laboratoire Haute Puissance Prévéranges (LHPP), Gardy SA, 1028 Prévéranges.

l'énergie se dissipe essentiellement dans les résistances du circuit d'essai. Pour une durée admissible d'une seule seconde, il faudrait déjà une masse de Cr/Ni 80/20 de

$$m = \frac{E}{c \times T} = \frac{18000}{0,5 \times 500} = 87,3 \text{ kg}$$

si l'échauffement ($T = 500 \text{ K}$) doit rester raisonnable (calcul adiabatique avec une capacité thermique massique de $c = 0,5 \text{ kJ/[kg K]}$). Cette masse représente la limite supérieure des résistances à échelon généralement disponibles dans les laboratoires; d'ailleurs, leur masse totale n'est utilisable que dans un nombre très limité des échelons différents de R .

Les laboratoires utilisant des machines tournantes pour accumuler l'énergie – ils évitent ainsi des charges impulsives du réseau public – se trouvent en face d'une limitation supplémentaire: l'énergie dissipée pendant l'essai ne doit pas dépasser une valeur de quelques pour-cent de l'énergie accumulée: une diminution de 10% de cette énergie correspond à une baisse de fréquence (et de tension) de 5%, ce qui est déjà à la limite de ce qui est encore acceptable. Dans différents laboratoires, les énergies accumulées sont de l'ordre de grandeur de

puissance de court-circuit	énergie accumulée	prix/jour d'essai
500 MVA	env. 60 MJ	env. SF 10 000.-
1000 MVA	env. 200 MJ	env. SF 18 000.-
2000 MVA	env. 800 MJ	env. SF 25 000.-

ce qui montre l'avantage financier d'un petit laboratoire mais aussi ses limites: la durée admissible du courant n'est que de 300 ms environ.

Les difficultés engendrées par l'énergie dissipée n'apparaissent qu'aux essais des séquences 1 et 2, où il faut scinder chaque essai. Le nombre d'essais à effectuer peut donc monter jusqu'à 160 pour un seul interrupteur. Reste à noter que la norme définit aussi des interrupteurs à fréquence de manœuvres accrues. Pour ces interrupteurs spéciaux, le nombre de manœuvres de la séquence 1 est porté de 10 à 100.

Conséquences du nombre accru de manœuvres d'essai

Un laboratoire de haute puissance est normalement organisé pour des séquences d'essais à deux ou trois manœuvres suivies par des travaux d'en-

tretien et/ou de changement dans le circuit d'essai ou sur l'appareil à essayer. Les interrupteurs, eux, demandent de vraies séries d'essais, ce qui nécessite en général des changements dans la conduite du laboratoire.

Le disjoncteur de protection prévu pour la coupure des courants de court-circuit en cas d'une non-coupure de l'objet en essai en est un exemple: la mécanique de cet appareil souffrirait inutilement si on le faisait déclencher à chaque essai avec un courant de charge relativement petit. Un contacteur ou un petit disjoncteur doit se charger de ces manœuvres tandis qu'un système de protection déclenche le disjoncteur de protection en cas de nécessité.

Dans un laboratoire utilisant des machines tournantes, la gestion de la machine doit être adaptée aussi: le relancement du moteur d'entraînement et du système d'excitation, opérations qui préparent l'essai suivant, doivent être accélérés.

Le système de mesure, qui doit également être adapté, sera traité ultérieurement.

Circuit d'essai au courant principalement actif

Les essais d'établissement et de coupure d'un courant principalement actif représentent le travail normal d'un interrupteur, les courants étant choisis égaux aux limites – supérieure (séquence 1) et inférieure (séquence 3) – des valeurs possibles pour couvrir la totalité des exigences mais aussi pour réduire le nombre d'essais. La limite supérieure est donnée par le pouvoir de coupure assigné de charge principalement active de l'appareil même, la limite inférieure est un pourcentage de ce pouvoir défini par la norme.

La charge typique alimentée par un interrupteur se constitue d'une multitude de petits consommateurs qui sont tous connectés en parallèle; il en résulte un courant avec un facteur de puissance de 0,7 à 0,9. Une simulation de la charge dans un laboratoire demande alors la mise en parallèle d'une résistance R , d'une inductivité L et d'une capacité C .

La tension transitoire de rétablissement (TTR) qui sollicite l'ouverture des contacts après la coupure du courant d'une telle charge est fondamentalement différente de celle d'une configuration d'éléments R et L en série, comme elle est utilisée pour la plupart des essais classiques de coupure. La ré-

sistance R en parallèle de L , qui donne un facteur de puissance de 0,7 pour la fréquence 50 Hz, amortit toute oscillation du circuit $R L C$ si la fréquence propre du circuit non-amorti est supérieure au double de 50 Hz. La capacité peut être négligée si son impédance à 50 Hz est au moins 20 fois plus grande que celle de l'inductivité L . Le circuit spécifié par la norme ne contient donc pas de capacité, son facteur de puissance est égal à $0,7 \pm 0,05$. Remarque: le choix $R = \omega L$ (pulsation $\omega = 2\pi \times 50 \text{ Hz}$) donne un facteur de puissance de $1/\sqrt{2} = 0,707$ et facilite les calculs.

Le circuit d'essai est complété par une alimentation représentant le réseau qui se trouve en amont d'un interrupteur en service. La figure 1 montre un schéma monophasé de ce circuit.

La tension transitoire du côté alimentation de l'interrupteur est oscillatoire. Elle est définie dans la norme comme pour les essais de court-circuit aux bornes d'un disjoncteur, c'est-à-dire comme si on avait une liaison de court-circuit à la place du circuit de charge. Le courant de court-circuit i_{cc} serait donc déterminé par l'impédance Z du circuit d'alimentation tandis que le courant d'essai i avec charge l'est par l'impédance totale Z_{tot} qui tient compte de Z , R et L . Le rapport des courants i_{cc} et i est donc égal à Z_{tot}/Z .

Les valeurs de tension de la partie oscillante de la TTR du circuit d'ali-

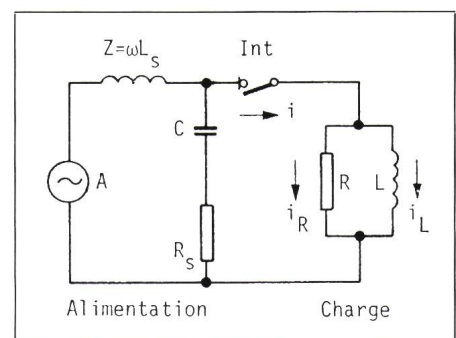


Figure 1 Circuit d'essai au courant principalement actif

Int	interrupteur à essayer
A	alternateur
Z	impédance du circuit d'alimentation
C, R_s	éléments pour régler la TTR du circuit d'alimentation
R	résistance de charge
L	inductance de charge
i	courant dans l'interrupteur
i_R	courant dans R
i_L	courant dans L

mentation sont directement proportionnelles au courant coupé. Les valeurs spécifiées pour le cas d'un court-circuit sont donc à multiplier par le rapport Z/Z_{tot} pour obtenir les valeurs de la TTR de l'alimentation pour un essai au courant de charge.

Le tableau I contient les valeurs spécifiées de la norme CEI publ. 56 [2] ainsi que quelques valeurs calculées pour les rapports $Z/Z_{\text{tot}} = 0,15$ et $0,20$.

Le comportement transitoire du circuit de charge est déterminé par les impédances R et ωL en parallèle. Elles sont parcourues par des courants i_R et i_L décalés d'un angle de 90° électriques. L'interrupteur, qui voit la somme vectorielle i de ces courants, coupe lorsque celle-ci passe à zéro. Cependant, les courants partiels dans R et L sont encore à 45 degrés de l'un et de l'autre côté de leurs zéros respectifs. Puisque leur somme à l'instant de la coupure est nulle, ils forment un seul courant circulaire $i_R = -i_L$ dans la boucle constituée de R et L du côté de la charge. L'énergie $L \cdot i_L^2 / 2$ accumulée dans L maintient ce courant circulaire qui, après la coupure du courant dans l'interrupteur, diminue exponentiellement avec la constante de temps $T = L/R$. Avec $R = \omega L$ (voir ci-dessus) on trouve encore $T = 1/\omega = 3,183$ ms pour $\omega = 2\pi \cdot 50$ Hz.

La tension transitoire du côté charge de l'interrupteur est égale à la chute de tension sur la résistance R ; elle a donc la même forme que le courant circulaire. Elle commence comme celui-ci avec la valeur qu'elle avait immédiatement avant la coupure et descend exponentiellement à zéro avec la constante de temps T déjà calculée.

La valeur initiale u_{ch} de la TTR du côté charge est égale à la différence des valeurs de la tension 50 Hz à l'instant de la coupure et de la chute de tension sur l'impédance Z du circuit d'alimentation. Le tableau I contient cette valeur pour plusieurs configurations, ainsi que la vitesse d'accroissement du début de l'exponentielle. Une comparaison des vitesses d'accroissement des deux côtés de l'interrupteur montre que la vitesse du phénomène oscillant est plus rapide que celle du phénomène exponentiel (facteur > 10).

Finalement, l'ouverture des contacts de l'interrupteur est sollicitée par la différence des tensions du circuit d'alimentation et du circuit de la charge. La figure 2 montre le principe, la figure 3a l'oscillogramme d'une coupure dans un circuit triphasé et la figure 3b une dilatation de la figure 3a avec la partie

oscillante de la TTR du premier pôle qui coupe.

On note que la vitesse d'accroissement jusqu'à la première crête ainsi que celle-ci même sont bien présentes et peuvent constituer une sollicitation sévère pour un système simple de coupure. Cependant, la valeur de crête dans la partie exponentielle n'est pas très haute et intervient relativement tard.

La norme indique les limites 0,12 et 0,18 pour le rapport des impédances Z/Z_{tot} . Le résultat d'essai d'un appareil sensible à la vitesse d'accroissement peut dépendre du choix de ce rapport: avec 0,12, l'essai est plus facile à passer qu'avec un rapport de 0,18.

Ainsi, l'étude du circuit d'essai au courant principalement actif révèle un paradoxe: *l'augmentation de la puissance du réseau d'alimentation facilite la coupure du courant!*

Circuit d'essai de boucle fermée

Le circuit de la boucle fermée simule les conditions dans la maille d'un réseau qui doit être ouverte à l'aide d'un interrupteur. La tension à fréquence industrielle sur l'ouverture de la boucle ainsi coupée est en général faible, la norme ne demande que 20% de la tension assignée de l'interrupteur. Le courant qui coule dans la

boucle encore fermée peut être inductif, la TTR est donc plus sévère que dans le cas de la charge active. Les valeurs de sa vitesse d'accroissement spécifiées dans la norme sont cependant plus basses que les valeurs u'/t_3 du tableau I tandis que les valeurs de crête spécifiées correspondent aux valeurs u' obtenues avec $Z/Z_{\text{tot}} = 0,2$. L'essai de charge principalement active couvre donc toutes les conditions de l'essai de boucle tout en étant un peu plus sévère si le rapport des impédances est augmenté de 0,18 à 0,2. La norme prévoit expressément la possibilité de remplacer les essais de charge de boucle fermée par des essais supplémentaires dans le circuit de charge active. Ceci évite un changement de circuit d'essai pour la séquence d'essai 2.

Circuits d'essai pour les séquences 3 et 4

Les circuits d'essai pour les séquences 3 et 4 utilisent le même circuit d'alimentation que pour la séquence 1, seule la charge est à adapter.

Le circuit pour essayer les 5% du pouvoir de coupure de charge principalement active demande des inductivités très élevées (ordre de grandeur: 1...10 H). Pour réaliser ces valeurs, il est possible d'utiliser un transformateur dont le secondaire est chargé de

Tension d'essai kV	7,2		12		24		36	
Z/Z_{tot} %	15	20	15	20	15	20	15	20
u_c kV	12,3	12,3	20,6	20,6	41	41	62	62
u' kV	1,85	2,46	3,09	4,12	6,15	8,20	9,3	12,4
t_3 us	52	52	60	60	88	88	108	108
u'/t_3 V/us	35	47	52	69	70	93	86	115
u_{ch} kV	5,71	5,27	9,56	8,83	19,0	17,6	28,8	26,6
u_{ch}/T V/us	1,8	1,7	3,0	2,8	6,0	5,5	9,0	8,3

(circuit triphasé, valeurs du premier pôle qui coupe)

Tableau I Tensions transitoires de rétablissement (TTR) pendant la coupure d'un courant de charge principalement active

valeurs de la TTR oscillante du côté alimentation de l'interrupteur:

u_c, t_3 valeurs spécifiées pour le cas de court-circuit (crête, temps à la crête; voir CEI publ. 56, tab. IIA) [2]

u' valeur de crête: $u' = u_c Z / Z_{\text{tot}}$

u' / t_3 vitesse d'accroissement après coupure du courant de charge

valeurs de la TTR exponentielle du côté charge de l'interrupteur:

u_{ch} valeur initiale, $u_{\text{ch}} = (u_c / 1,4) \cdot (\sin \varphi_{\text{tot}} - Z / Z_{\text{tot}})$; $\sin \varphi_{\text{tot}} \approx 0,8$

T constante de temps $T = L / R = 3,183$ ms

u_{ch} / T vitesse d'accroissement après coupure du courant de charge

CADIBA

Zeichnen und
dokumentieren mit System.

CADIBA
DIE KURZE LEITUNG
DES
ELEKTROPLANERS.

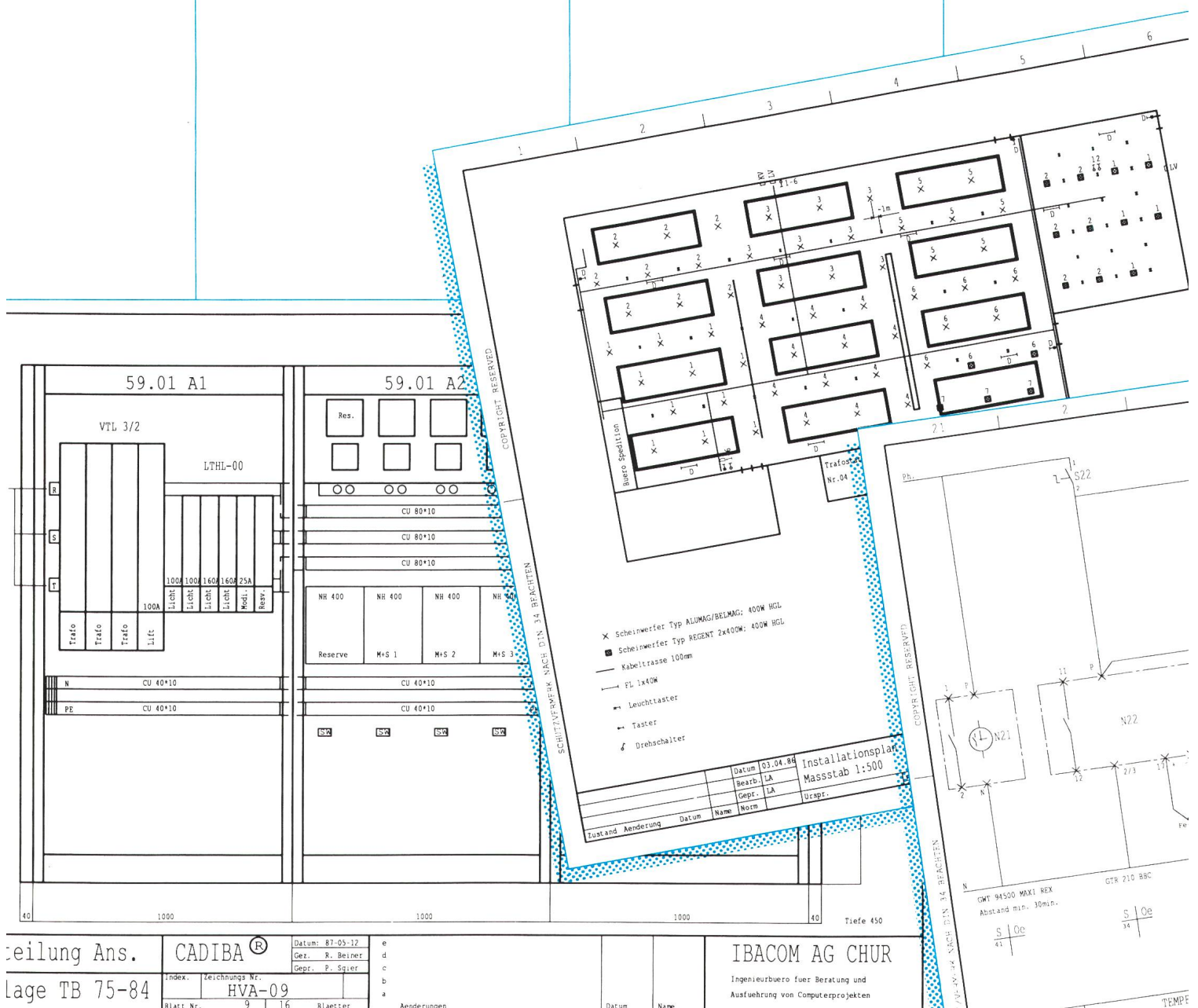
IBACOM SOFTWARE AG
Ringstrasse 34
CH-7000 Chur
Telefon 081 25 11 55
Telefax 081 24 35 34

Chur · St. Moritz
Vaduz · Geroldswil / ZH

IBACOM
für Computer.

Zusatzsymbole in e Regie.

In verschiedenen Symbolen werden mehr als tausende Symbole mitgeliefert. Diese lassen sich auf einfachste Weise mit eigenen Symbolen erweitern. Mit Parametern verschieben Platzhalter dienen: für Texteingaben beim Zeichnen, Stücklistenangaben und Querverweise. Verschiedene Symbole können auch verschieben oder zu Makros zusammengefasst werden.



Querverweis in beiden Richtungen.

Das zeitraubende Gegenbezeichnen von Kontakten, Spulen und Potentialen übernimmt ein Modul. Es verhindert ein Überbelegen von Kontakten und die Mehrfachbezeichnung von Spulen. Der Querverweis erfolgt automatisch in beiden Richtungen.

Text und Desktop-Publishing voll integriert.

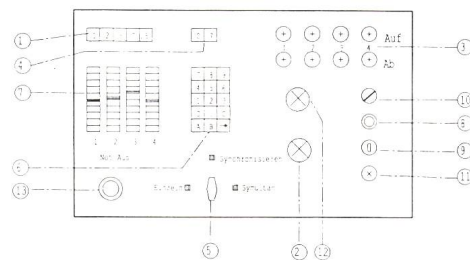
Alle Texte, Beschreibungen, Service-Anleitungen etc. können mit dem integrierten Text- und Desktop-Publishing-System sauber und einfach erstellt und ausgedruckt werden. Zeichnungsausschnitte aus CADIBA können auch in den Text integriert werden.

IBACOM
für Computer.

Bedienungsanleitung Hebebühne Version 1.3

7.1 Frontplatte (19"/4PU)

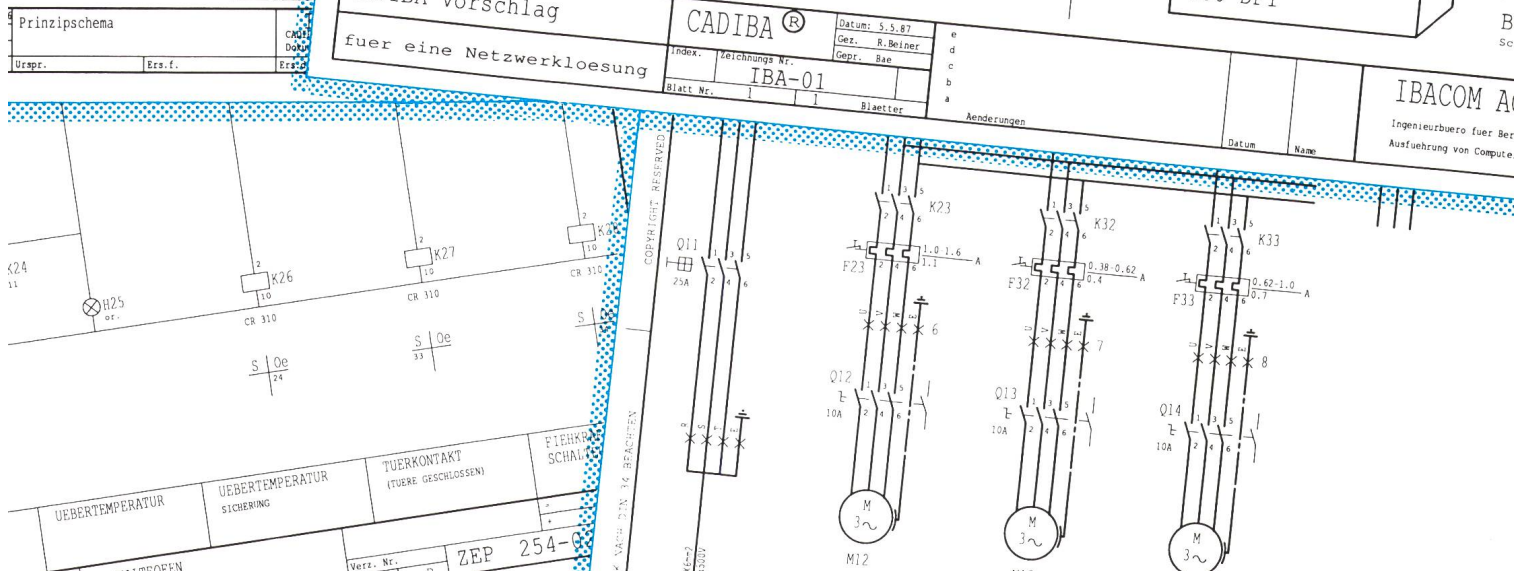
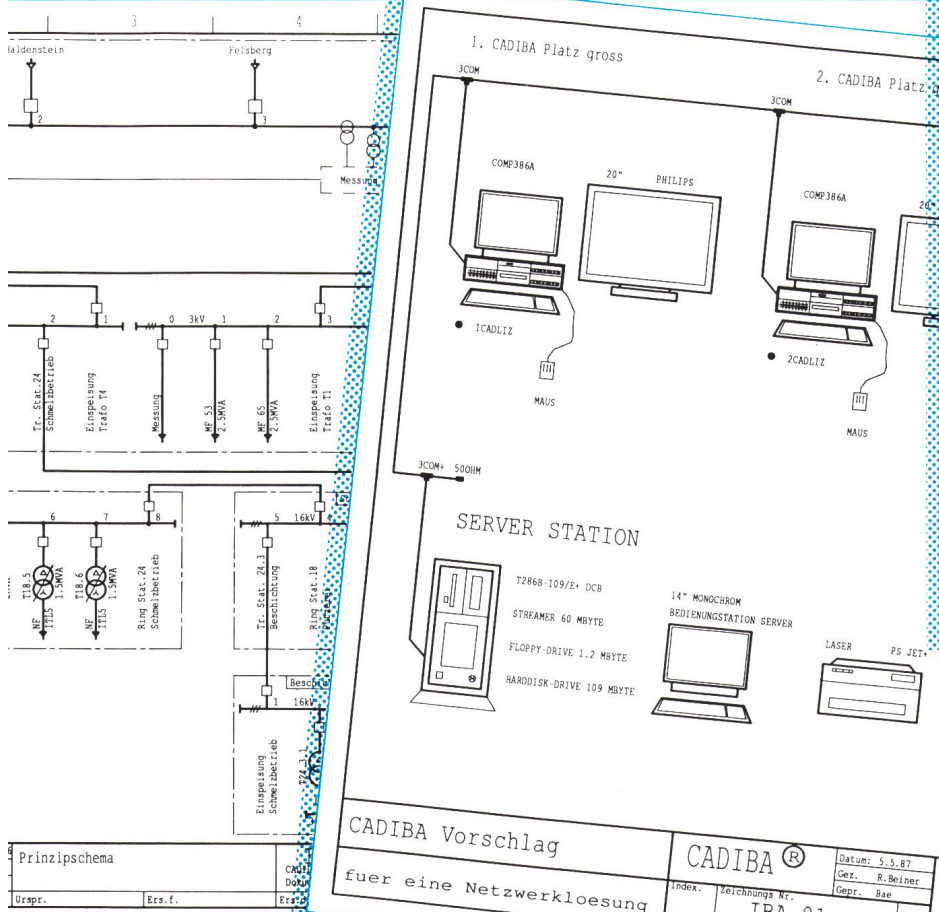
Die ganze Hebebühne-Steuerung kann auch über die abgebildete Steuerkonsole vollzogen werden. Damit diese Steuerkonsole aktiv geschaltet wird, muss beim Hänge-Steuerblock auf "EXTERN" geschaltet werden.



1. Die Hebeböcke müssen positioniert und gesichert sein.
2. Der Schlüssel der Bocksicherung muss in Position 10 eingesteckt werden und um 90 Grad gedreht werden bis die Lampe "Netz ein" grün aufleuchtet.
3. Die Bar-Graphic-Displays zeigen die aktuelle Bockhöhe an.
4. Mit der Start-Taste - Position 9 - können nun alle Funktionen der Steuerkonsole aktiviert werden.

IBACOM

16



Die zweiteilige Stückliste.

Der erste Teil, die Primärstückliste, übernimmt die vorgängig markierten Teile aus einer Zeichnung. Der zweite Teil, die Lagerdatei, enthält alle Details der Artikel-Nummer, Bezeichnung, Preise etc. Dank der gemeinsamen Referenzbezeichnung lassen sich aus den beiden Teilen vielfältige Listen-Varianten generieren und ausdrucken.

Betriebssysteme:

MS/PC-DOS, UNIX, netzwerkfähig (Novell). 20"-Bildschirm, 1280×1024 Bildpunkte. Plotter, Laserdrucker, Maus, Programmiersprache: C

IBACO
für Computer.

Über 100 Installationen
PTT (für alle Direktoren)
Bernische Kraftwerke
Ems-Chemie
Von Roll Zürich
Indumation
Germann
Clemessy
u. v. a.

LAGER 1 SORT BEZEICHNUNG Lager: ANFANG

CADIBA 08-09-87 Se

Lag. Nr.	Bezeichnung	Zusatz Bezeichnung	Teibezeichnung	Ref. Bez.	V - Preis	Lieferant
11	T Kabelverbinder 3M	5 * 70 mm		T3	750.00	Daetwyler
12	T Kabelverbinder 3M	5 * 90 mm		T4	850.00	Daetwyler
13	T Kabelverbinder 3M	5 * 120 mm		T4	950.00	Daetwyler
211	TABELLEN PROGRAMM PIPS 4	FUER ENDBENUTZER	SORD	PIPS4	2400.00	COMP2000
110	TELEX ADAPTER	TAG 21 VON COM-M-TEXT	CA PREISE			COMP2000
14	TT-CLT Kabel Verstärkt	5 * 35 mm				Cossoney
15	TT-CLT Kabel Verstärkt	5 * 50 mm				Cossoney
16	TT-CLT Kabel Verstärkt					Cossoney
17	TT-CLT Kabel Verstärkt					Cossoney

CADIBA 08-09-87 Seite: 1

Cossoney
ANWA
OMPAC

AGER 1 SORT BEZEICHNUNG Lager: ANFANG

Lag. Nr.	Bezeichnung	Zusatz Bezeichnung	Teibezeichnung	Ref. Bez.	V - Preis	Lieferant
115	ABSCHLUSS WIDERSTAND	50 OHM BNC	SUHNER	500HM	20.00	COM2000
118	ABSCHLUSS WIDERSTAND	50 OHM BNC	SUHNER	50 OHM	20.00	COM2000
210	ARROW TEXTSYSTEM	NETZWERKFAEHIG	LIZENZ FUER 7 BENUTZER	ARROWTEXT	4000.00	SIBO
7	Anschluss-Kasten	80 * 80 * 40	Weber Nass	AK	950.00	Weber
6	Anschluss-Kasten Aussen	60 * 80 * 30	Weber Nass	AAK	830.00	Weber
8	Anschluss-Kasten Aussen	80 * 100 * 45	Weber Nass	AZK	1250.00	Weber
117	PROJEKT IBACOM NORM. Stk1: VROLL-1		Inkl. Codierungs-SW	BC900/7	45000.00	O. Bay AG
116			statistischer Plotter	BEP9636	120000.00	Benson Zürich
200				1CADLIZ	7500.00	IBACOM
201					7500.00	IBACOM

CADIBA 09-07-87 Seite: 1

Primär Daten	Leistung / A	Bezeichn.	Typ	Sekundär Daten	Einbau	Symbol	Pfad
16. 5kV/35A	1000kVA	S1000K/Secheron	Dy5/4.74%	412V/1401A	4.3.1	442	6
16. 5kV/56A	1600kVA	NT125.630/Secheron	Dy5/6.48%	412V/2240A	T11.2	442	6
16. 5kV/61.3A	1750-925kVA	BBC	YY0/8.1-7.	1111-528V/910A	T3	444	9
3.17kV/182A	1000kVA	TN100/Secheron	Dy5/5%	520V/1110A	11.1a	442	8
3.17kV/182A	1000kVA	TN100/Secheron	Dy5/5%	520V/1110A	11.1b	442	11
3.2kV/113.6A	630kVA	S630/BBC	Dy5/4.5%	412V/883A	T11.2	442	5
3000V/115A	600kVA	Tu/BBC	Dy5	520V/665A	T7	442	16
3000V/118A	600kVA	T175/SECH.	Dy5/2.5%	520V/682A	T8	442	18
3150V/229-119A	1250kVA	BBC/TK(DD) 1967	Dy11/5.9%	520-1100V/721-656A	T18.2	443	5
3150V/229-119A	1250kVA	BBC/TK(DD) 1967	Dy11/5.9%	520-1100V/721-656A	T18.1	443	8
3200V/46A	250kVA	Ta/BBC	Dy5	220V/670A	T6	442	13
36.8+23x0.628kV	8MVA	TRFKu/BBC	Yy0/8.4-9.	17.6-8.8kV	T3	444	18
49kV+/-10x504V/147.5A	12.5MVA	Secheron/TP1250	Yy0/8.5%	16.9kV/427.5A	T4	444	3
50kV	12.5MVA			16kV	T4	444	2
50kV	12.5MVA			16kV	T4	444	2
50kV	6MVA			16kV	T4	444	2
50kV	6MVA			3kV	T1	444	12
50kV	6MVA			3kV	T2	444	15
50kV	6MVA			3kV	T1	444	12
50kV	6MVA			3kV	T2	444	15
50kV	6MVA			3kV	T1	444	6
50kV	6MVA			3kV	T2	444	11
50kV	6MVA			3kV	T1	444	12
50kV	8MVA			16kV	T3	444	19
50kV	8MVA			16kV	T3	444	19
50kV	8MVA			16kV	T3	444	19
51.03-7x0.96kV	6MVA	TUWKah/BBC	Yy0/7.9%	3.17kV/1093A	T1	444	12
51.03-7x0.96kV	6MVA	TUWKah/BBC	Yy0/7.9%	3.17kV/1093A	T2	444	15
BBC, SBK12K500	10kV/1250A				521	9	

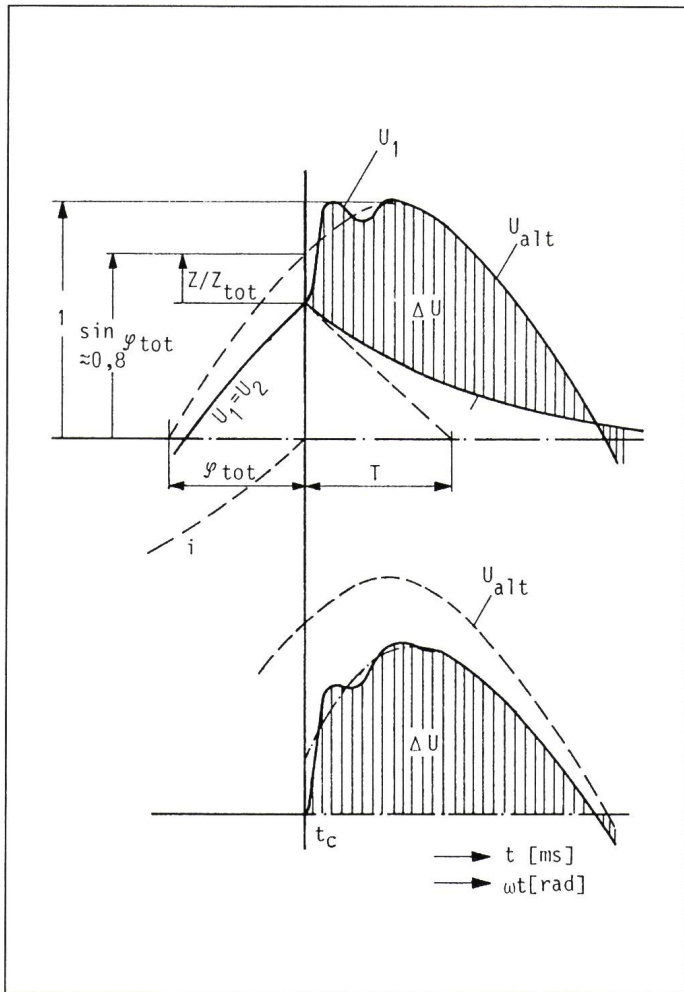


Figure 2 Tensions transitoires de rétablissement aux bornes de l'interrupteur et leur différence

t_c	instant de la coupure du courant
i	courant dans l'interrupteur avant la coupure
$U_{1,2}$	tensions contre terre 1: de la borne d'alimentation 2: de la borne de charge
U_{alt}	tension à vide de l'alternateur
ΔU	$U_1 - U_2$ = tension sur l'interrupteur
ϕ_{tot}	déphasage de i par rapport à U_{alt}
T	constante de temps L/R de la charge

bobines d'inductance. Ainsi, leurs valeurs d'inductivité sont multipliées par le carré du rapport de transformation. Les résistances de charge, par contre, devraient rester en parallèle du primaire de ce transformateur afin d'amortir toute oscillation du côté de la charge.

Le circuit capacitif pour la séquence 4 ne présente pas de particularité, il est défini comme pour l'essai d'un disjoncteur.

Essai de fermeture sur court-circuit

Le circuit d'essai est d'une simplicité extrême, mais la synchronisation de la mécanique de l'interrupteur, d'une

part, et des équipements du laboratoire d'autre part, n'est pas toujours facile.

Un micro-switch pourra être monté sur l'arbre de commande de l'interrupteur pour provoquer la séquence des ordres aux équipements du laboratoire lorsque l'arbre atteint une position prédéterminée.

Etat de l'interrupteur après les essais

Après toute la série des séquences de fermeture et de coupure, l'interrupteur doit évidemment être en état de fonctionnement, seul son pouvoir de fer-

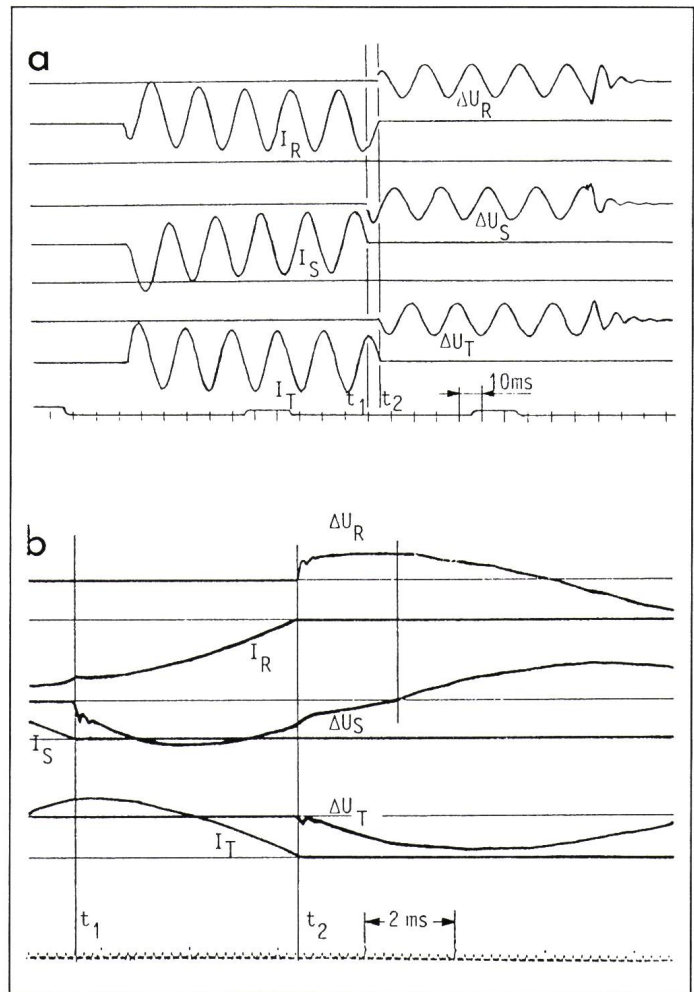


Figure 3 Oscillogramme d'une coupure tripolaire d'un courant de charge principalement active

a Oscillogramme complet

b Dilatation partielle pour montrer les détails de la TTR

$U = 24 \text{ kV eff}$ (tension composée), $I = 650 \text{ A}$, $Z/Z_{tot} = 0,2$

$I_{R,S,T}$ courants des phases R, S, T dans l'interrupteur

$\Delta U_{R,S,T}$ différences de tension entre les bornes de chacun des pôles R, S, T

t_1 instant de coupure du premier pôle qui coupe

t_2 instant de coupure des derniers pôles qui coupent

meture sur court-circuit peut être réduit après la séquence 5.

Si l'interrupteur est également un sectionneur selon la norme CEI publication 129 [3], ses propriétés de sectionnement doivent être maintenues, c'est-à-dire qu'il doit encore résister aux essais diélectriques de sa distance de sectionnement.

Système de mesure

Un essai triphasé d'établissement et de coupure demande au moins l'enregistrement de trois courants, de trois, voire six tensions et de la course de l'arbre de commande.

De ces enregistrements doivent être mesurés/calculés:

- les valeurs efficaces des courants et la moyenne des 3 phases, après l'enclenchement et avant la coupure,
- les valeurs efficaces des tensions et la moyenne des 3 phases, avant la coupure et après l'enclenchement,
- les durées d'arc par phase dont le maximum est à retenir, pendant l'enclenchement et pendant la coupure.

Toutes les valeurs sont à mesurer au début et à la fin de chaque séquence d'essai, mais un contrôle de quelques valeurs ainsi que la mesure des durées doivent être effectués à chaque essai. Lors d'un événement imprévu, par exemple une mauvaise coupure, un enregistrement complet doit être disponible. Pour répondre à toutes ces exigences, on utilise au Laboratoire Haute Puissance Préverenges (LHPP) l'enregistrement numérique avec une vitesse d'acquisition de 10 000 à 100 000 échantillons de mesure par seconde et par canal, ce qui nécessite des mémoires pour environ 4000 à 8000 (ou rarement 16 000) échantillons de mesure par canal.

Tous les échantillons sont transférés immédiatement après l'acquisition dans un ordinateur qui déchiffre toutes les valeurs mentionnées. Il les présente dans un tableau de résultats qui sort sur écran environ 1 min après l'essai et qui est mémorisé sur disque. L'opérateur décide alors si le tableau suffit ou si les échantillons de mesure d'origine sont également à conserver (ces échantillons d'un seul essai avec 10 canaux d'enregistrement comprennent $10 \cdot 8000 \cdot 2$ octets = 160 000 octets!). Le contenu de chacun des ca-

naux peut être visualisé et mesuré directement sur l'écran de l'enregistreur en cas de doute. Ainsi, on ne garde que quelques enregistrements typiques, normalement sous forme d'un oscillogramme classique sorti rapidement de l'enregistreur numérique (sortie parallèle des 10 canaux). Le système de mesure permet donc une cadence d'environ 1 essai toutes les 2 min, les événements spéciaux exceptés. Les tableaux des résultats, établis par ordinateur pendant les séquences d'essais et complétés par traitement de texte, peuvent être incorporés dans les rapports définitifs d'essais.

Coût d'une série complète d'essais d'établissement et de coupure

Le prix pour la location d'un laboratoire de puissance dépend de la puissance (MVA) mise à disposition et de la durée d'occupation en jours ou demi-jours de travail. Un supplément pour un nombre élevé d'essais par jour (plus que 25 essais par exemple) peut également être facturé.

L'exécution des cinq séquences d'essai décrites demande environ deux jours d'essais, s'il n'y a que les 62 essais de base à effectuer. Le calcul des puissances à mettre à disposition pour un interrupteur 24 kA, 630 A avec pouvoir de fermeture sur court-circuit assigné de 31,5 kA crête donne

- pour les séquences d'essai 1 à 4:

$$\sqrt{3} \cdot 24 \cdot 0,63 \cdot (Z_{\text{tot}}/Z) = 120 \dots 210 \text{ MVA} \\ (Z/Z_{\text{tot}} = 0,12 \dots 0,2)$$

- pour la séquence d'essai 5:

$$\sqrt{3} \cdot 24 \cdot 31,5/2,5 = 520 \text{ MVA}$$

$$(I_{\text{crête}}/I_{\text{eff}} = 2,5).$$

Les prix pour ces puissances se situent entre 10 000 et 15 000 fr.s. par jour; le prix pour les cinq séquences serait donc compris entre 20 000 et 30 000 fr.s., bien entendu pour un cas favorable ne demandant qu'un minimum d'essais.

Conclusion

L'interrupteur de charge, considéré comme appareil de connexion relativement bon marché, demande malgré tout des essais de type nombreux, complexes et coûteux. Une petite mais très importante partie de ces essais a été traitée ci-dessus, notamment le circuit d'essai prévu pour les fermetures et ouvertures au pouvoir de coupure assigné de charge principalement active. Ce circuit possède des caractéristiques de la tension transitoire de rétablissement très particulières.

Bibliographie

- [1] Interrupteurs à haute tension. Première partie: Interrupteurs à haute tension pour tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 52 kV. Publication de la CEI 265-1, quatrième édition, 1983.
- [2] Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension. Publication de la CEI 56, quatrième édition, 1987.
- [3] Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif. Publication de la CEI 129, troisième édition, 1984.