Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 31 (1940)

Heft: 19

Artikel: Amélioration de la continuité du service des réseaux ruraux : réenclenchement automatique des lignes à haute tension

Autor: Roth, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1058018

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: 22.08.2025

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

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

BULLETIN

RÉDACTION:
Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens
et de l'Union des Centrales Suisses d'électricité, Zurich 8

ADMINISTRATION:
Zurich, Stauffacherquai 36 ♦ Téléphone 5 17 42
Chèques postaux VIII 8481

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXXIe Année | N° 19 | Vendredi, 20 Septembre 1940

Amélioration de la continuité du service des réseaux ruraux: réenclenchement automatique des lignes à haute tension.

Par *A. Roth*, Aarau.

621.316.57.064.22 : 621.316.925.45

L'auteur propose d'appliquer la méthode de la protection sélective aux réseaux ruraux à haute tension, au moyen de disjoncteurs qui réenclenchent automatiquement après avoir déclenché. Les lignes accusant de nombreux courts-circuits devraient être pourvues de tels disjoncteurs. Deux exemples montrent l'utilité de cette idée qui contribuerait à améliorer la permanence de service. L'auteur étudie spécialement le temps de réenclenchement et la commande des disjoncteurs.

Es wird angeregt, die Methode des Selektivschutzes in Verbindung mit Schaltern, die nach erfolgter Auslösung automatisch wieder einschalten, auf die Hochspannungsverteilnetze der Ueberlandwerke anzuwenden, dadurch, dass solche Schalter in die gefährdeten Leitungen eingebaut werden. Zwei Beispiele erläutern die Idee, die eine Verbesserung der Betriebssicherheit mit sich bringt. Besonders betrachtet wird die Wiedereinschaltzeit und der Antrieb der Schalter.

(Traduction.)

Tandis que, dans les réseaux urbains, il ne se produit pratiquement plus d'interruptions affectant la fourniture d'énergie de secteurs importants, la situation n'est malheureusement pas la même dans les secteurs ruraux, bien que des améliorations appréciables y aient déjà été obtenues. L'extension de l'emploi de l'électricité pour la cuisine a accrû la gravité de ces interruptions; la vulgarisation du cinéma et de la radio a pour suite des réclamations plus nombreuses.

La fréquence élevée de ces accidents dans les réseaux ruraux, par comparaison avec les réseaux urbains, est due à deux causes: d'une part le nombre des courts-circuits est beaucoup plus élevé, ces réseaux étant constitués par les lignes aériennes, tandis que d'autre part le moyen classique pour délimiter la zone affectée par un court-circuit, c'est-à-dire le sectionnement du réseau par des disjoncteurs, ne peut guère y être appliqué.

Ces deux faits ont une origine d'ordre économique: Dans des réseaux de si faible consommation il n'est pas possible d'augmenter ad libitum le nombre des disjoncteurs. Si les frais de premier établissement sont parfaitement supportables, les dépenses nécessaires pour le personnel de service dépassent les limites admissibles. Or, un disjoncteur qui n'est pas réenclenché rapidement après un déclenchement automatique, ne remplit pas son but. Il est donc nécessaire que du personnel soit stationné sur les lieux ou s'y rende par un moyen quelconque de locomotion.

L'aspect du problème change si l'on envisage l'application, jusqu'à ce jour peu répandue en Suisse, de disjoncteurs à réenclenchement automatique. Cette solution est d'autant plus intéressante que la plupart des accidents dans les réseaux aériens (plus du 90 %) sont dûs à des courts-circuits passagers, occasionnés par des branches d'arbres, par des oiseaux, par du foin, par des coups de fouet lors du dégivrage, par des surtensions d'origine atmosphérique ou par des coups de foudre.

Ces disjoncteurs sont munis de relais à maximum de courant, comme les disjoncteurs ordinaires, le réglage étant échelonné d'après les règles connues de la sélectivité, de telle façon que le disjoncteur le plus proche du défaut déclenche seul. De plus ces disjoncteurs sont munis d'un dispositif qui produit automatiquement, après un certain laps de temps, le réenclenchement de l'appareil, sans intervention aucune de personnel. Si, en ce moment, le défaut n'a pas disparu, le même cycle de déclenchement et de réenclenchement se répète; toutefois l'intervalle précédant le réenclenchement est beaucoup plus long, dans le but de permettre au défaut de disparaître (par exemple aux branches d'arbre ou aux oiseaux de tomber à terre ou de brûler). Si alors la cause de l'accident n'a pas disparu, le dispositif de réenclenchement se bloque, c'est-à-dire l'interrupteur reste ouvert jusqu'au moment où le personnel auxiliaire a réparé la ligne, ce qui permet au dispositif de fonctionner à nouveau après déblocage et réenclenchement du disjoncteur. Cette façon de procéder correspond à celle en usage dans les sous-stations surveillées. Certains exploitants prévoient un ou deux réenclenchements supplémentaires.

L'emploi du dispositif de réenclenchement automatique permet de sectionner le réseau autant qu'il est désirable et de limiter ainsi, sans frais de personnel supplémentaires, la zone affectée par le court-circuit.

Quelques

exemples

montreront l'application du réenclenchement automatique.

Fig. 1 représente un réseau à 8 kV qui alimente plusieurs villages et hameaux. Comme d'habitude il ne comporte qu'un seul disjoncteur en A. Ce dernier déclenche à chaque court-circuit sur une des lignes ou dans une station de transformation. Dans chaque cas tout le réseau est mis hors service. Cet état désagréable durera chaque fois 1 minute au moins si la station est surveillée, plusieurs minutes jusqu'à ¼ heure ou plus si ce n'est pas le cas. Dans les deux cas une première amélioration peut être obtenue par adjonction à l'interrupteur A d'un dipositif de réenclenchement automatique. La durée de l'interruption est ainsi réduite à la somme des temps de réglage du déclenchement et du réenclenchement du disjoncteur.

Supposons qu'une analyse approfondie ait démontré que la plupart des accidents se produisent sur les tronçons C et E du réseau, sur la ligne C parce qu'elle franchit un vallon où les orages sont très fréquents, sur la ligne E parce qu'elle traverse une forêt où des branches tombent souvent sur la ligne. Conformément au résultat de cette analyse on munira les points de dérivation de ces lignes de disjoncteurs à réenclenchement automatique, dont les déclencheurs sont réglés à 0,5 s. Le réglage des déclencheurs du disjoncteur A sera alors porté à 1 s. Le dispositif de réenclenchement des deux appareils sera réglé à 0,3 s pour le premier enclenchement, à 1 min pour le deuxième enclenchement. Dans le cas d'un

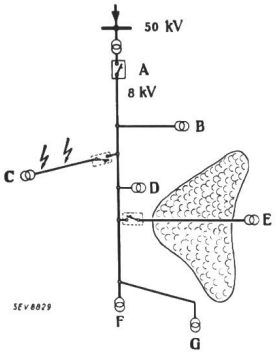

Fig. 1.
Réseau à tension moyenne sans et avec (en pointillés) interrurteurs à dispositif de réenclenchement automatique. Ligne à E traverse forêt. Ligne à C traverse région touchée fréquemment par la foudre.

amorçage sur la ligne C, à la suite d'une surtension, le disjoncteur C coupera la ligne après 0,5 s; 0,3 s après il réenclenchera et restera enclenché: au village C, la fourniture d'énergie ne sera arrêtée que pendant 0,8 s, le reste du réseau n'ayant remarqué de cette perturbation qu'une courte baisse de tension durant 0,5 s.

Si une branche d'arbre tombe sur la ligne E, le disjoncteur de cette ligne déclenchera après 0,5 s pour réenclencher 0,3 s après. La branche se trouvant toujours sur la ligne, peut-être en feu, l'interrupteur déclenchera de nouveau après 0,5 s. Cette fois le réenclenchement ne se produira qu'après 1 min. Comme il est très probable que durant cet intervalle la branche d'arbre tombera à terre, le disjoncteur restera alors enclenché. Si ce n'est pas le cas, il déclenchera pour la troisième fois et restera alors bloqué. Dans le premier cas le village E aura à supporter une interruption de la fourniture d'énergie d'une minute; dans le deuxième cas, il restera sans énergie jusqu'à ce qu'on ait trouvé la cause du défaut et éloigné la branche. Le reste du réseau par contre n'aura remarqué qu'une ou deux baisses de tension d'une durée de 0,5 s chacune.

Une autre application intéressante est représentée par la fig. 2. Il s'agit là d'un système à haute tension dont une partie est formée par un réseau maillé souterrain, alimentant une ville, l'autre par des lignes aériennes ayant jusqu'à 17 km de longueur, desservant les villages des environs et branchées au réseau souterrain. Les accidents sont extrêmement rares dans le réseau à câbles, mais par contre très nombreux dans le réseau aérien. Dans ce cas également le montage de disjoncteurs à réenclenchement automatique aux points de dérivation des lignes aériennes amènera une amélioration considérable de la continuité du service. Les consommateurs branchés au réseau de câbles ne seront plus influencés par les accidents se produisant dans le réseau aérien; les dérangements dans le réseau aérien même seront limités dans le

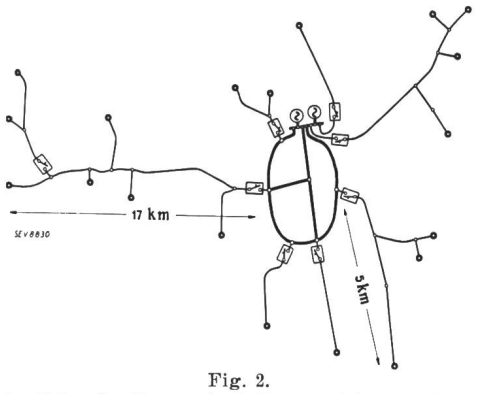

Fig. 2.
Réseau à câbles (traits gras) et lignes aériennes (traits fins).

temps et dans l'espace. Il est naturellement possible de subdiviser davantage chaque dérivation et de diminuer ainsi encore les perturbations.

Un autre champ d'application s'ouvre au réenclenchement automatique dans les *postes de distribution à haute tension non surveillés*, qu'on rencontre souvent dans les réseaux ruraux, surtout sous forme de postes transformateurs à 50/8 ou 50/16 kV (fig. 3). Si dans les réseaux alimentés par ces sous-stations, il se produit un court-circuit passager, le réenclenchement du disjoncteur, exécuté par du personnel, averti par un signal acoustique, prend souvent beaucoup de temps. Ceci entraîne dans tous les cas où le court-circuit est passager, c'est-à-dire dans 9 cas sur 10, un prolongement superflu de

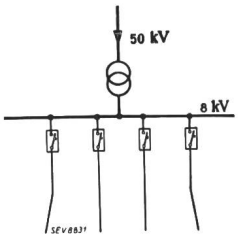

Fig. 3.
Sous-station à plusieurs départs avec interrupteurs à réenclenchement automatique.

l'interruption de la fourniture de l'énergie, accompagné d'une diminution correspondante des recettes, sans tenir compte des réclamations plus ou moins énergiques des consommateurs. L'application du dispositif de réenclenchement automatique s'impose donc dans ces cas.

Une question importante qui se pose est celle du *réglage du temps de réenclenchement automatique.* La durée la plus favorable varie de cas à cas. D'une part elle doit être aussi courte que possible afin de limiter l'interruption de la fourniture d'énergie au strict minimum, et, d'autre part, assez longue pour permettre la suppression de la cause de l'accident ou la disparition de l'arc (refroidissement des gaz ionisés produits par l'arc) avant que la tension réapparaisse. Le temps minimum nécessité pour la déionisation des gaz de l'arc semble être de l'ordre de 0,3 s. S'il s'agit donc de phénomènes de très

courte durée, par exemple de coups de foudre, on peut tenter un premier réenclenchement après 0,3 s. Si par contre on s'attend à des courts-circuits occasionnés par des branches d'arbres ou par des oiseaux qui ne s'éloignent des fils qu'après quelques secondes, on tentera un premier réenclenchement après 10 s. Il est toutefois possible que la ligne prenne davantage de temps pour redevenir propre; le deuxième réenclenchement sera alors porté à 1 min ou plus. Un réglage entre 10 s et 1 min n'est pas recommandable pour la raison suivante: on peut s'attendre à ce que des moteurs branchés sur le réseau s'arrêtent après 10 s. Si la tension revient par exemple après 20 s, les moteurs se remettent en marche lorsque leurs interrupteurs ne sont pas munis de dispositifs de déclenchement à tension nulle. Ceci peut être un danger grave pour les ouvriers travaillant aux machines entraînées par ces moteurs. D'autre part, le démarrage simultané de tous ces moteurs produirait le déclenchement intempestif des disjoncteurs et la fusion de coupe-circuit. On laissera donc s'écouler jusqu'au réenclenchement automatique un laps de temps suffisamment long, pour permettre au personnel de réfléchir et d'ouvrir les interrupteurs des moteurs.

D'une façon générale la meilleure solution semble être un réglage court pour le premier réenclenchement (0,3 à 10 s) et long (1 à 2 min) pour le second. Des exceptions à cette règle peuvent s'imposer dans certains cas d'espèce. Ainsi, dans le cas de la fig. 1, il sera peut-être préférable de régler le dispositif du disjoncteur E à 1 min pour le premier et à 2 min pour le deuxième réenclenchement, car ce sont des branches d'arbre qui causent la plupart des courts-circuits.

Une autre question est celle de la source d'énergie disponible pour le réenclenchement, en d'autres termes, le système de commande du disjoncteur. On distingue entre

a) réenclenchement à commande électrique, et
b) réenclenchement à commande par contre-poids.

Le réenclenchement à *commande électrique* (fig. 4) se compose d'une commande électrique combinée avec un mouvement d'horlogerie exécu-

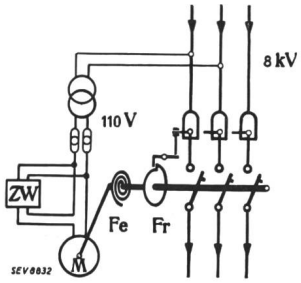

Fig. 4.
Schéma électrique d'un dispositif de réenclenchement automatique à commande électrique. *M* moteur, *ZW* mouvement d'horlogerie, *Fr* dispositif de réenclenchement bloqué, *Fe* resort.

tant les fonctions suivantes: 1° actionnement du réenclenchement, 2° limitation du nombre des réenclenchements en cas de court-circuit permanent, 3° rétablissement de l'état initial lors de la disparition du court-circuit. L'énergie pour la commande est fournie par une source indépendante (batterie) ou alors par le réseau avec prise en amont du disjoncteur, ce qui nécessite l'emploi d'un transformateur ou éventuellement d'un transformateur de mesure de capacité suffisante. L'exécution de cette commande sous forme de commande électrique à ressort est indiquée puisqu'elle permet de réduire la puissance nécessaire.

Le réenclenchement avec *commande à contrepoids* ne nécessite aucun circuit électrique auxiliaire. Les déclencheurs à maximum provoquent l'ouverture du disjoncteur qui, à son tour, libère le mouvement d'horlogerie (fig. 5). Ce dernier

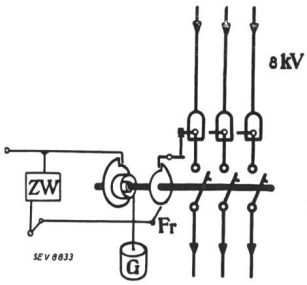

Fig. 5.
Schéma électro-mécanique d'un dispositif de réenclenchement automatique à commande par contre-poids (Sprecher & Schuh). *G* poids, *ZW* mouvement d'horlogerie, *Fr* dispositif de réenclenchement bloqué.

actionne, après un délai déterminé, le cliquet de réenclenchement. A ce moment le contrepoids G provoque la fermeture de l'interrupteur. Ce cycle se répète jusqu'à ce que le court-circuit ait disparu ou que le nombre de réenclements prévu soit atteint. Le même mouvement d'horlogerie détermine le nombre de déclenchements.

Le dispositif de réenclenchement, représenté par la fig. 6, possède plusieurs caractéristiques intéressantes: le temps jusqu'au premier réenclenchement peut être réglé dans les limites de 0,3 à 120 s, les suivants de 5 à 120 s. Ces temps peuvent être différents les uns des autres pour des cycles consécutifs. Le nombre de réenclenchements en cas de court-circuit permanent peut également être varié, ceci dans les limites de 1 à 4. Le contre-poids suffit pour 10 réenclenchements. Après ce nombre de fonctionnements il doit être remonté au moyen d'une manivelle actionnée à la main. Cette manœuvre demande un très faible effort (10 tours de manivelle avec un moment mécanique de 200 cmkg pour un disjoncteur à 10 kV).

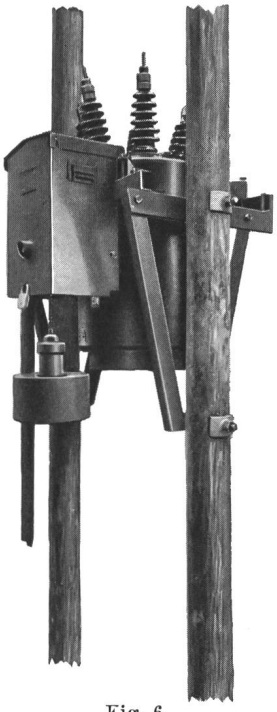

Fig. 6.
Disjoncteur à huile 15 kV, 200 A, 200 MVA, avec commande à contre-poids et dispositif de réenclenchement automatique pour montage sur poteau (Sprecher & Schuh).

Toutes les commandes de disjoncteurs basées sur le principe purement mécanique, posent le problème de l'anéantissement de l'excédant d'énergie mécanique. En effet l'énergie disponible dans la commande pour l'enclenchement (poids $\times$ chemin) doit être supérieure à la valeur de l'énergie nécessaire, ceci afin de disposer d'une réserve suffi-

sante en cas de résistance mécanique anormale de l'interrupteur (frottement élevé aux basses températures, contacts d'interrupteur grippés, résistance causée par les efforts dynamiques dans le cas de réenclenchement sur court-circuit de grande intensité). De ce fait il existe un excédant d'énergie lorsque les conditions mécaniques sont normales, excédent qui peut avoir des conséquences fatales, s'il n'est pas anéanti. Cet anéantissement est obtenu ici par un frein à huile monté entre le contrepoids et la chaîne d'entraînement. De cette façon le fonctionnement est d'une douceur remarquable.

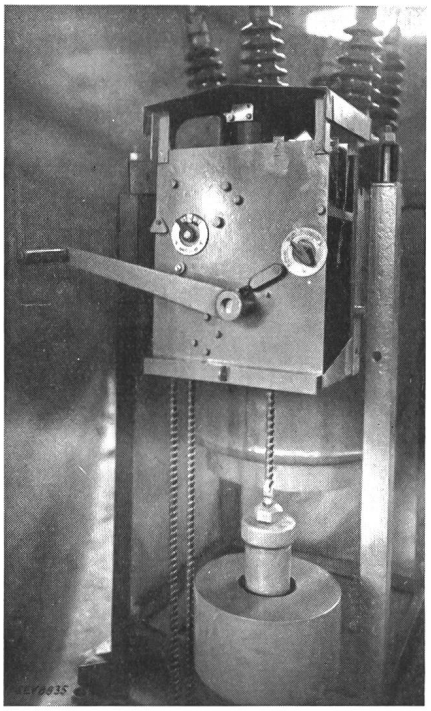

Fig. 7.
Dispositif de réenclenchement automatique, vue frontale avec cabine ouverte (Sprecher & Schuh).

Le mouvement d'horlogerie est actionné par un ressort bandé par le mouvement de déclenchement du disjoncteur. L'élément de temps est obtenu par un disque à courants de Foucault. Le même mouvement d'horlogerie contrôle le temps entre les différents réenclenchements, ainsi que le blocage du dispositif de réenclenchement après le nombre prévu d'opérations. Une manette disposée sur la plaque frontale de l'appareil (fig. 7) permet de mettre hors de service le dispositif automatique. La même manette permet à l'opérateur de provoquer à volonté l'enclenchement ou le déclenchement du disjoncteur. De plus cette manette commande le déblocage du dispositif de réenclenchement en cas de court-circuit permanent, c'est-à-dire après l'ouverture définitive du disjoncteur et la suppression de la cause de l'accident.

Le réenclenchement à contre-poids est d'une grande simplicité et forme un ensemble monté sur le châssis du disjoncteur. De ce fait le montage sur place est extrêmement simple et ne diffère guère de celui d'un disjoncteur ordinaire. Le remontage du contre-poids se fait sans peine à l'occasion des contrôles du réseau. Dans le cas d'exécution «outdoor» du disjoncteur, les déclencheurs sont exécutés sous forme de relais, montés dans la cabine de commande et actionnés par des transformateurs de courant, et, lorsque le courant dépasse 100 A, par des enroulements montés sur les traverses mêmes. Les disjoncteurs sont exécutés de préférence comme interrupteurs sur poteau (fig. 6).

La simplicité de ces commandes à contre-poids et leurs frais peu élevés les feront choisir dans tous les cas où une même station ne comporte qu'un ou quelques interrupteurs. La commande électrique par contre nécessite un transformateur de tension spécial avec coupe-circuit, mouvement d'horlogerie électrique et câblage. Elle a toutefois l'avantage du remontage automatique, c'est-à-dire d'un nombre illimité de fonctionnements. On lui donnera donc la préférence pour des stations comportant un certain nombre d'appareils.

Nous croyons avoir démontré que la continuité de l'exploitation des réseaux ruraux peut être sensiblement améliorée par le montage du dispositif de réenclenchement automatique sur les disjoncteurs existants ou de disjoncteurs supplémentaires à réenclenchement automatique, ou par la combinaison de ces deux mesures. Nous aimerions attirer l'attention sur le fait que l'application de ces mesures présente une possibilité de *fourniture rapide de travail pour l'industrie électrique,* le montage de ces dispositifs ou de disjoncteurs supplémentaires ne nécessitant qu'un temps de préparation minime de la part des exploitants.

Seriekreis, gekoppelte Kreise und Bandfilter.

(Fortsetzung von Bull. SEV 1939, Nr. 19.)

Von *Erwin de Gruyter*, Zürich.

621.396.611.1

Zum Abschluss des Themas Parallel- und Seriekreis und als Einleitung für die hier folgende Abhandlung über gekoppelte Kreise und Bandfilter sei eine Gegenüberstellung von Sperr- und Saugkreis gemacht, die für die Rundfunkpraxis bestimmt ist. Die mathematische und graphische Fassung hat dabei eine so universelle und prägnante Form angenommen, dass sie leicht aus dem Gedächtnis reproduziert werden kann.

A titre de conclusion de l'étude des circuits en parallèle et en série, ainsi que d'introduction à l'étude qui suit sur les circuits couplés et les filtres passe-bande, l'auteur procède à une comparaison des circuits-filtres avec les circuits absorbants, destinée à la pratique de la radiophonie. La représentation mathématique et graphique a pris une forme si universelle et frappante qu'elle peut facilement être reproduite de mémoire.

Im Nachtrag des ersten Teiles wurde darauf hingewiesen, dass es für die Bestimmung der Anpassung günstiger ist, die Seriewiderstände R_s des Parallelkreises rechnerisch durch Parallelwiderstände R_p zu ersetzen. Das Schema für $\mathfrak{Z}_X$ geht damit in das Ersatzschema $\mathfrak{Z}_{(X)}$ über, das eine *reine* Parallel-