Zeitschrift: Technische Beilage zur Schweizerischen Post-, Zoll- & Telegraphen-Zeitung = Supplément technique du Journal suisse des postes, télégraphes et douanes

Band: 1 (1917)

Heft: 7

Artikel: Ueber Parallelschaltungen

Autor: Nussbaum, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-873029

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: 13.07.2025

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

Désignations	Signes employés
1. *Limites:* nationales	++++++++ en noir
cantonales	———— en noir
de district	—·—·—·— en noir
communales	..... en noir
2. *Lacs et cours d'eau,* étangs, bassins d'accumulation, fleuves, rivières	surface bleutée représentée à l'échelle de la carte.
canaux	deux traits parallèles bleus dont l'un plus fort.
marais	hâchures brisées bleues.
3. *Cultures:*	
bois	points et petits cercles noirs
vignobles	petits traits verticaux de 0,6 mm disposés comme des échalas.
vergers	points noirs disposés régulièrement.
4. *Voies de communication:*	
voie de chemin de fer normale, double	
voie de chemin de fer normale, simple	
voie de chemin de fer étroite	
route cantonale	
chemin de 3 m, régulièrement entretenu	
Sentier muletier	
„ à piétons	
pont, passerelle	><
5. *Ecritures:*	
Localités: capitales cantonales	capitale droite.
chef-lieu de district	„ penchée.
commune	romaine droite.
hameaux	italique.

Le lecteur fera bien de s'exercer à lire la carte au moyen d'une loupe. Son œil acquerra rapidement une sorte d'éducation qui lui sera précieuse en maintes circonstances. Par ce moyen on distingue mieux la superposition des signes conventionnels noirs sur le figuré du terrain donné surtout par les lignes de niveau et la direction des cours d'eau. Cet exercice constitue la lecture de la *planimétrie.*

S'orienter d'après la carte. Il est indispensable, quand on étudie un tracé, de savoir s'orienter à l'aide de la carte et de pouvoir marquer un point où l'on se trouve. Pour y parvenir, il faut se repérer en cherchant sur le terrain les lignes les plus apparentes de la carte (routes, chemins de fer, ruisseaux, lisières de bois ou de cultures, etc.) voisines de l'endroit où l'on stationne. On tourne sa carte de façon à ce que ces lignes soient parallèles à celles qu'elles figurent. En s'avançant dans une direction choisie sur la carte, on doit découvrir sur le terrain le premier relief qu'on se proposait d'atteindre.

Mesure des distances. Sur la carte, on ne peut mesurer à l'aide du compas ou du double-décimètre que la distance à vol d'oiseau entre deux points. Si l'on se sert du compas, on reporte la longueur obtenue sur l'échelle graphique qui est imprimée au bas de chaque carte; quand on emploie le double-décimètre, on multiplie la distance mesurée par l'échelle (25,000 ou 50,000) pour obtenir la distance effective.

Très souvent on veut connaître la distance *routière* entre deux points ou deux localités. Il s'agit alors de tenir compte de toutes les sinuosités du chemin. On fait avantageusement usage pour cette mesure d'un petit instrument très pratique: le curvimètre à cadran, outil de poche peu encombrant et d'un prix réduit.

(La fin au prochain numéro).

Allgemeine Schwachstromtechnik.

Ueber Parallelschaltungen.

Von E. Nußbaum, Bern.

I. Berechnung der Ausgleichwiderstände bei Gruppenanschlüssen mit Selectorbetrieb.

Zum Betrieb der W. E. C.-Selectoren *) ist eine Stromstärke von etwa 10 mA bei einer Spannung von 38 Volt an den Klemmen des Apparates erforderlich. Es liegt in der Natur der G. A., daß die Stationen sich selten in der nämlichen Ortschaft befinden, sondern meistens auf die ganze Länge der Gemeinschaftsleitung verteilt sind. Sollen dabei alle Selectoren beim Aufruf von der Zentrale aus einen annähernd gleich starken Betriebsstrom erhalten, so muß bei einem gegebenen Widerstand der Selectoren entweder die Leitung eine genügende Leitfähigkeit besitzen, damit der Spannungsabfall von Station zu Station unmerklich bleibt, oder es müssen die Widerstände der Selector-Brücken durch Zusatzwiderstände ausgeglichen werden. Der ersten Bedingung wird im allgemeinen Genüge geleistet durch die Verwendung von 2 mm Bronze-Draht. Weiter zu gehen, verbietet die Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage, da ja das Ausgleichen der Widerstände bedeutend billiger ist.

Nun ist aber, wie die Erfahrung zeigt, ein gewisser Unterschied zwischen der Stromstärke des ersten und derjenigen des letzten (des entferntesten) Selectors zulässig, und daher die Anbringung von Ausgleichswiderständen entbehrlich, so lange dieser Unterschied nicht überschritten wird. Man bemißt dann einfach die Batteriespannung so, daß die entfernteste Station eben noch genug Strom, also etwa 10 mA, erhält. Das hat den Vorteil, daß die Zahl der Stationen vermehrt werden kann, ohne daß mit jeder weiteren Station ein neuer Ausgleich der Widerstände vorgenommen werden muß.

Wir wollen nunmehr die Stromverteilung einer idealen, mit Selectoren ausgerüsteten Telephonleitung näher untersuchen, um uns Rechenschaft zu geben über die Grenzen, innerhalb welcher eine solche Leitung ohne Ausgleichswiderstände betrieben werden kann. Die **n** Stationen seien in gleichmäßigen Abständen **l** auf die ganze Leitungslänge **L** verteilt (Fig. 1). Der Widerstand eines Leitungsabschnittes zwischen zwei benachbarten Stationen sei **r** und derjenige der Selectoren **R.** Die Spannung zwischen den Abzweigpunkten einer Selectorbrücke sei **e**, die entsprechende Stromstärke im Selector **i** und die Stromstärken in den einzelnen Leitungsabschnitten J_1, J_2, J_3 usw.

Zunächst soll jetzt eine allgemeine Formel ermittelt werden für die Berechnung der Stromstärken $i_1, i_2 \ldots i_n$ der einzelnen Selectoren, und zwar wollen wir die Werte dieser Stromstärken durch den Wert von i_1 des entferntesten Selectors ausdrücken. Da die Entwicklung dieser Formeln (für Lernende eine gute Uebungsaufgabe!) ziemlich umständlich und zeitraubend ist, sei dieselbe hier nur angedeutet.

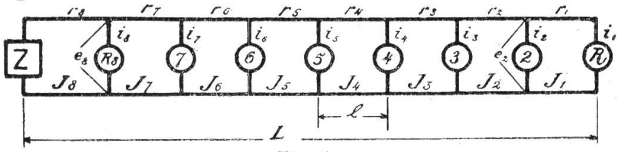

Fig. 1.

Aus der Figur 1 ergibt sich, daß

$e_1 = i_1 R$ (1)	$J_1 = i_1$ (5)	$i_1 = e_1 R$ (9)
$e_2 = e_1 + J_1 r$ (2)	$J_2 = J_1 + i_2$ (6)	$i_2 = e_2 R$ (10)
$e_3 = e_2 + J_2 r$ (3)	$J_3 = J_2 + i_3$ (7)	$i_3 = e_3 R$ (11)
$e_4 = e_3 + J_3 r$ (4)	$J_4 = J_3 + i_4$ (8)	$i_4 = e_4 R$ (12)
usw.	usw.	usw.

*) Siehe «Technische Beilage» Nr. 1.

Ersetzt man in (2) e_1 aus (1) durch $i_1 R$, so erhalten wir für $e_2 = i_1 (R + r)$ (13)

Hieraus folgt nach (10)

$$i_2 = \frac{i_1}{R}(R + r) = i_1 \left(1 + \frac{r}{R}\right)$$

Dieser Wert, in (6) eingesetzt, gibt für

$$J_2 = i_1 \left(2 + \frac{r}{R}\right) \qquad (14)$$

Aus (3), (13) und (14) erhalten wir sodann für

$$e_3 = i_1 \left(R + 3r + \frac{r^2}{R}\right) \text{ und weiter aus (11) für}$$

$$i_3 = i_1 \left(1 + 3\frac{r}{R} + \frac{r^2}{R^2}\right) \text{ usw.}$$

Die vollständige Durchführung der Rechnung führt auf folgende mathematisch interessanten Ausdrücke:

$$i_1 = i_1 (1 + 0)$$

$$i_2 = i_1 \left(1 + 1\frac{r}{R}\right)$$

$$i_3 = i_1 \left(1 + 3\frac{r}{R} + 1\frac{r^2}{R^2}\right)$$

$$i_4 = i_1 \left(1 + 6\frac{r}{R} + 5\frac{r^2}{R^2} + 1\frac{r^3}{R^3}\right)$$

$$i_5 = i_1 \left(1 + 10\frac{r}{R} + 15\frac{r^2}{R^2} + 7\frac{r^3}{R^3} + 1\frac{r^4}{R^4}\right)$$

$$i_6 = i_1 \left(1 + 15\frac{r}{R} + 35\frac{r^2}{R^2} + 28\frac{r^3}{R^3} + 9\frac{r^4}{R^4} + 1\frac{r^5}{R^5}\right)$$

$$i_7 = i_1 \left(1 + 21\frac{r}{R} + 70\frac{r^2}{R^2} + 84\frac{r^3}{R^3} + 45\frac{r^4}{R^4} + 11\frac{r^5}{R^5} + 1\frac{r^6}{R^6}\right)$$

u. s. w.

Die Koeffizienten der Potenzen von $\frac{r}{R}$ sind die Binominalkoeffizienten ungerader Nummer und gehören im zweiten Glied der durch den Index von i bezeichneten Potenz, in den folgenden Gliedern aber einer für jedes weitere Glied um je 1 erhöhten Potenz an. Der Koeffizient des xten Gliedes eines Klammerausdrucks ist gleich der Summe aus dem xten Glied der vorausgehenden Reihe und aus den (x — 1) ten Gliedern aller vorausgehenden Ausdrücke. Als Koeffizienten des dritten Gliedes im Klammerausdruck für i_7 erhalten wir z. B.

$$1 + 3 + 6 + 10 + 15 + 35 = 70.$$

Der Koeffizient der 1ten Potenz von $\frac{r}{R}$ kann durch die Indexziffer *n* von *i* nach der Formel $\frac{n\,(n-1)}{2}$ ausgedrückt werden. So ist z. Beispiel der Koeffizient von $\frac{r}{R}$ im Ausdruck für i_7

$$7\,(7 - 1) : 2 = 21.$$

Setzt man $\frac{n\,(n-1)}{2} = k_1$, so erhalten wir als Koeffizienten der zweiten Potenz $k_2 = \frac{k_1\,(k_1 - 1)}{6}$ *)

Da $J_1 = i_1$, $J_2 = i_1 + i_2$, $J_3 = i_1 + i_2 + i_3$ usw., so können die Werte für die Gesamtströme J_1, J_2 etc. als die Summe der obigen Ausdrücke dargestellt werden, nämlich

$$J_1 = i_1 (1 + 0)$$

$$J_2 = i_1 \left(2 + 1\frac{r}{R}\right)$$

$$J_3 = i_1 \left(3 + 4\frac{r}{R} + 1\frac{r^2}{R^2}\right)$$

$$J_4 = i_1 \left(4 + 10\frac{r}{R} + 6\frac{r^2}{R^2} + 1\frac{r^3}{R^3}\right) \text{ usw.}$$

Die Koeffizienten der Potenzen von $\frac{r}{R}$ sind hier die Binominalkoeffizienten gerader Nummer.

Bei der Parallelschaltung ist nun R gegenüber *r* der Voraussetzung nach immer sehr groß; somit ist der Wert r/R im allgemeinen sehr klein und nimmt mit zunehmenden Potenzen rasch ab, so daß meistens schon die Glieder der zweiten Potenz vernachlässigt werden können. Wir erhalten dann als praktische Formeln für die Werte von *i* und J die allgemeinen Ausdrücke:

$$i_n = i_1 \left(1 + \frac{n\,(n-1)}{2} \cdot \frac{r}{R}\right)$$

$$J_n = i_1\, n \left(1 + \frac{(n^2 - 1)}{6} \cdot \frac{r}{R}\right)$$

Es soll nun weiter untersucht werden, welche Länge L einer doppeldrähtigen Leitung mit dem kilometrischen Widerstand w und mit n Stationen gegeben werden kann, wenn die der Zentrale zunächst gelegene Station p % mehr Strom erhalten darf, als die entfernteste. Um einen möglichst genauen Ausdruck zu erhalten, wollen wir die 2te Potenz von r/R ebenfalls berücksichtigen. Es ist

$$i_n = i_1 (1 + 0{,}01\ p); \text{ ferner nach (15)}$$

$$i_n = i_1 \left(1 + k_1 \frac{r}{R} + k_2 \frac{r^2}{R^2} + \cdots\right) \text{ folglich}$$

$$k_1 \frac{r}{R} + k_2 \frac{r^2}{R^2} = 0{,}01\ p, \text{ oder, wenn } \frac{r}{R} = x$$

gesetzt wird, $k_2 x^2 + k_1 x - 0{,}01\ p = 0$ und

$$x = \frac{-k_1 \pm \sqrt{k_1^2 + 0{,}04\ p k_2}}{2\ k_2};$$

hieraus folgt, nachdem k_2 durch $\frac{k_1\,(k_1 - 1)}{6}$ ersetzt wurde,

$$x = \frac{1}{k_1 - 1}\left(\pm\sqrt{9 + 0{,}06\ p\,\frac{(k_1 - 1)}{k_1}} - 3\right) \qquad (16)$$

Da $x = \frac{r}{R}$ und zunächst r gesucht wird, weil ferner x nur positiv sein kann, so folgt aus (16)

$$r = \frac{R}{k_1 - 1}\left(\sqrt{9 + 0{,}06\ p\,\frac{(k_1 - 1)}{k_1}} - 3\right) \qquad (17)$$

Aus r erhält man endlich L; denn

$$rn = 2\,L\,w \text{ und}$$

$$L = \frac{rn}{2\,w} \qquad (18)$$

Berechnungsbeispiel.

Wie lang darf eine 2 mm Bronzeschleife mit 7 Selector-Stationen sein, wenn der Kilometerwiderstand des Drahtes 5,9 Ω und der Widerstand der Selectoren 3800 Ω beträgt, und wenn der nächstgelegene Selector p = 40 % mehr Strom erhalten darf, als der entfernteste?

*) Das allgemeine Bildungsgesetz der Koeffizienten eines und desselben Ausdrucks, abgeleitet vom Newton'schen Binominalgesetz und bezogen auf den Koeffizienten k_1 von $\frac{r}{R}$, lautet für jede beliebige Potenz e:

$$k_e = k_{e-1} \cdot \frac{2k_1 - e\,(e-1)}{e\,(4e-2)}$$

Lösung.

Da $k_1 = 7\ (7 - 1) = 21$, so erhält man nach (17)

$$r = \frac{3800}{20}\left(\sqrt{9 + \frac{0{,}06 \times 40 \times 20}{21}} - 3\right) = 68{,}4\ \Omega$$

Nach (18) wird

$$L = \frac{68{,}4 \times 7}{2 \times 5{,}9} = \mathbf{40{,}5\ km}$$

Angestellte Versuche ergaben, daß die Toleranz von 40 % für gute Leitungsverhältnisse noch zulässig ist. Die berechnete Leitungslänge übersteigt aber die praktisch in Betracht fallenden Leitungslängen um ein bedeutendes, so daß man mit der Einschaltung von Stromausgleichswiderständen nur in den seltensten Ausnahmefällen zu rechnen haben wird.

Bei einer Toleranz von nur 10 % für 7 Stationen müßte die Länge der Leitung auf ~ 10 km beschränkt bleiben.

Die Berechnung der Ausgleichswiderstände soll nun anhand der Figur 2 noch kurz erläutert werden.

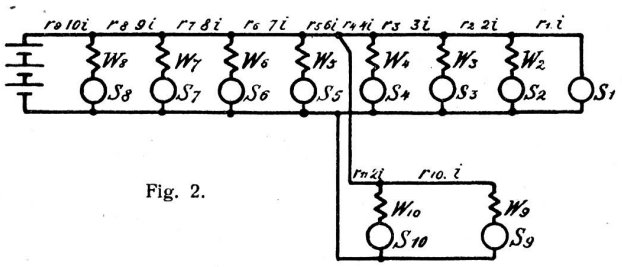

Fig. 2.

Wir beginnen wieder bei der entferntesten Station und nehmen an, die Widerstände seien bereits ausgeglichen und die Ströme daher in allen Stationen gleich stark.

Die letzte Station bedarf natürlich keines Vorschaltwiderstandes; also ist

$$W_1 = 0.$$

Soll S_2 gleichviel Strom erhalten wie S_1, so muß sein Vorschaltwiderstand

$$\mathbf{W_2 = r_1} \text{ sein.}$$

Soll ferner an den Klemmen von S_3 die gleiche Spannung herrschen wie bei S_2, so muß in W_3 ebensoviel Spannung verloren gehen wie in r_1 und r_2 zusammen, also

$$iW_3 = ir_1 + 2ir_2, \text{ folglich}$$

$$\mathbf{W_3 = r_1 + 2r_2}$$

In gleicher Weise muß der Spannungsabfall in W_4 gleich sein der Summe der Spannungsverluste vom Abzweigpunkt nach S_4 bis zu den Klemmen von S_1, also

$$iW_4 = i\,(r_1 + 2r_2 + 3r_3) \text{ und}$$

$$W_4 = (r_1 + 2r_2) + 3r_3, \text{ oder auch}$$

$$\mathbf{W_4 = W_3 + 3r_3}$$

In der Zweigleitung nach S_9 und S_{10} muß bis zu den Klemmen von S_9 und S_{10} soviel Spannung vernichtet werden wie zwischen dem Abzweigpunkt und den Klemmen von S_4; also

$$i\,(W_9 + r_{10} + 2\,r_{11}) = i\,(W_4 + 4\,r_4), \text{ daher}$$

$$\mathbf{W_9 = W_4 + 4\,r_4 - (2\,r_{11} + r_{10})} \text{ und auf ähnliche}$$

Weise ergibt sich für

$$\mathbf{W_{10} = W_4 + 4\,r_4 - 2\,r_{11}}; \text{ usw.}$$

Die Klemmenspannung der Batterie ergibt sich als Summe der Produkte aus Stromstärke mal Widerstand eines die Batterie enthaltenden, vollständig geschlossenen Stromkreises. Nehmen wir zum Beispiel den kürzesten und einfachsten Stromkreis über S_8, so erhalten wir

$$E = i\,(R + W_8 + 10\,r_9)$$

wenn R der Widerstand eines Selectors bedeutet. Den gleichen Wert für die Klemmenspannung erhält man aber auch bei Berücksichtigung der ganzen Leitungslänge für einen über S_1 geschlossenen Stromkreis. Dann ist

$$E = i\,(R + r_1 + 2r_2 + 3r_3 + 4r_4 + 6r_5 + 7r_6 + 8r_7 + 9r_8 + 10\,r_9).$$

Setzt man beide Klammerausdrücke einander gleich, so erhält man nach Elimination von R und 10 r_9 den Wert von W_8, in Uebereinstimmung mit dem oben erläuterten Verfahren.

Telephonwesen.

Probleme der Betriebstechnik.

Zu keiner Zeit sind dem Betriebstechniker die engen Beziehungen zwischen Arbeitszeit, Leistungsfähigkeit und Besoldung der Telephonistinnen und den für die Zentralstationen aufgewendeten Kapital-Investierungen lebhafter vor Augen geführt worden, als gerade jetzt.

In unseren C. B.-Zentralen schwankt die Zahl der Abfragestromkreise pro Arbeitsplatz zwischen 300 und 450. Diese Zahl wird durch 3 Faktoren bestimmt: die durchschnittliche Verkehrsdichte pro Anschluss, die Zunahme derselben innerhalb des als mittlere Lebensdauer der Zentrale angenommenen Zeitraumes und die Leistungsfähigkeit des Bedienungspersonals. Alle neueren Zentralen sind seinerzeit auf dieser Grundlage unter Annahme einer normalen Entwicklung berechnet worden. Aber der Krieg hat diese Berechnungen über den Haufen geworfen. Der Telephonverkehr hat in unseren Verkehrszentren ausserordentlich zugenommen und der Abonnentenzuwachs weist Rekordziffern auf. Die Arbeitsplätze sind überlastet und die Aufnahmefähigkeit der Zentralen erschöpft sich rasch, ohne Aussicht auf die Möglichkeit einer normalen Erweiterung der Zentralen. Eine Vermehrung der Arbeitsplätze wird je länger je notwendiger nicht nur zur Erhöhung der Anschlusskapazität, sondern auch zur Entlastung der vorhandenen Plätze.

Aber nicht die Verkehrszunahme allein ist es, die die vorhandenen Betriebsmittel als unzulänglich erscheinen lässt. Dem gesteigerten Verkehr steht ein Personal gegenüber, dessen Durchschnittsqualität seit Kriegsausbruch unverkennbar zurückgegangen ist. Die Ursachen dieser Erscheinung sind zu bekannt, als dass wir ihnen hier nachzugehen brauchen. Wir lassen diesen Punkt dahingestellt und rechnen mit der früheren Qualität und Leistungsfähigkeit; ja, wir wollen sogar annehmen, in dieser Hinsicht sei alles wie es sein sollte; die Verwaltung hätte ein Heer von treuen, zufriedenen, gut bezahlten und von den übrigen weiblichen Angestellten-Kategorien beneideten Telephonistinnen, und sie hätte es durch Anwendung aller ihr zu Gebote stehenden Mittel zu einem wirklich bemerkenswerten Standard of efficiency gebracht — wären dann wohl alle Mittel erschöpft, um eine Erweiterung der Zentralen zur Entlastung der Arbeitsplätze zu umgehen? Wir müssen diese Frage verneinen. Es stehen uns zur Erreichung unseres Zwecks noch gangbare Wege offen.

In der verkehrsschwachen Zeit können die Plätze entsprechend der Verkehrszunahme dichter besetzt werden. Aber für die Stunden des stärksten Verkehrs, wo sowieso alle Plätze besetzt sind, muss das Mittel in einer weitern Steigerung der Leistungsfähigkeit des Personals gesucht werden.

Wenn man von der Leistungsfähigkeit der Telephonistin spricht, so versteht man darunter gewöhnlich die durchschnittliche stündliche Leistung, und man übersieht dabei leicht, dass diese Leistung in hohem Masse von der Dauer der täglichen Arbeitszeit abhängig ist; dass, je grösser die Zahl der täglichen Arbeitsstunden ist, desto kleiner notwendigerweise die Stundenleistung sein muss. Wenn dem aber so ist, so muss hieraus gefolgert werden, dass die tägliche Arbeitsleistung innert gewissen Grenzen unabhängig von der Dauer der Arbeitszeit einen konstanten Wert darstellt, oder mit zunehmender Arbeitszeit sogar abnimmt. Die Dauer der Arbeitszeit fällt als Ermüdungsfaktor auch bei mässiger Belastung schwerer ins Gewicht, als eine gesteigerte Tätigkeit während kürzerer Zeit. Diese auch wissenschaftlich bestätigte Tatsache weist uns den Weg zur