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: 66 (1975)

Heft: 8

Artikel: Zuverlässigkeit statischer Notstromanlagen

Autor: Aslaksen, E.W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915283

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: 14.10.2025

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

Zuverlässigkeit statischer Notstromanlagen

Von E. W. Aslaksen

621.311.8-192

Dieser Bericht behandelt die rationalen Anforderungen, die an die Zuverlässigkeit von Notstromanlagen gestellt werden müssen. Er drückt diese Anforderungen im Zusammenhang mit der Sicherheit der Primärversorgung (Netz) anhand eines praktischen Beispiels in Zahlen aus.

Cet exposé concerne les exigences rationnelles qui doivent être posées à la fiabilité d'installations de courant de secours. Ces exigences sont exprimées numériquement en relation avec la sécurité de l'alimentation primaire (réseau), en se basant sur un exemple de la pratique.

Mit der zunehmenden Automatisierung auf allen Gebieten werden immer mehr folgenschwere Entscheidungen von elektronischen Geräten getroffen. Deshalb beschäftigen sich viele Leute in der Elektronikindustrie mit der Frage, wie das einwandfreie Funktionieren dieser Geräte garantiert werden kann. Das Spektrum der Probleme erstreckt sich von der Zuverlässigkeit der einzelnen Komponenten bis zum fehlerunempfindlichen Systemaufbau (z. B. Redundanz), wobei die Energieversorgung der Geräte ein spezielles Problem darstellt. Wohl haben die Elektrizitätswerke in dieser Richtung viel getan, indem sie ihre Netze fehlerunempfindlich aufgebaut haben. Trotzdem müssen oft weitere Massnahmen seitens der Stromabnehmer ergriffen werden. Eine sehr geläufige Massnahme ist die Einschaltung einer statischen Notstromanlage mit statischer Netzumschaltung zwischen Netz und Verbraucher (Fig. 1).

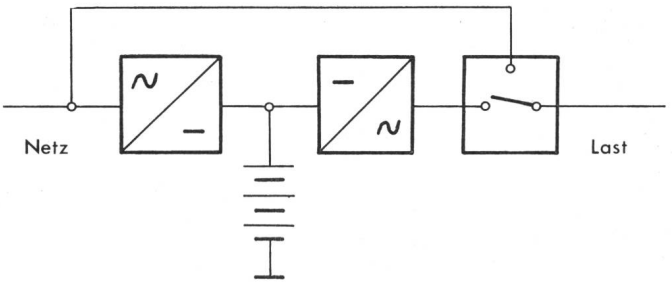


Fig. 1 Aufbau einer Notstromanlage, bestehend aus Gleichrichter, Batterie, Wechselrichter und Umschalter

Die Betriebssicherheit solcher Notstromanlagen wird durch die sog. mittlere Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Ausfällen (MTBF)[1]) p charakterisiert. Die mittlere Dauer eines Ausfalles beträgt q, wobei p und q in Stunden gemessen werden. Fällt eine Notstromanlage aus, wird unterbruchsfrei auf das Netz umgeschaltet und nach Behebung des Fehlers wieder unterbruchsfrei auf die Notstromanlage zurückgeschaltet. Das Netz hat ebenfalls eine bestimmte MTBF t, und es gilt nun die Frage zu beantworten, wie oft der Verbraucher einen Stromunterbruch erfahren wird.

Man geht zuerst von der vereinfachenden Annahme aus, dass die mittlere Dauer einer Netzstörung klein ist gegenüber der mittleren Dauer eines Ausfalls der Notstromanlage. Dann ist die Wahrscheinlichkeit eines gleichzeitigen Auftretens einer Netzstörung und eines Ausfalls der Notstromanlage durch q/t gegeben, oder mit andern Worten, im Durchschnitt muss die Anlage t/q-mal ausfallen, damit der Verbraucher einen Unterbruch erfährt, was einer Zeitspanne von

$$T = \frac{p\,t}{q}$$

entspricht. Wird nun der Bereitschaftsfaktor einer Notstromanlage durch

$$\lambda = \frac{p}{q}$$

definiert, so ist die gesamte MTBF der Stromversorgung

$$T = \lambda\,t$$

Aus dem Ausdruck für T ist ersichtlich, dass es nicht in erster Linie auf die MTBF der Notstromanlage, sondern auf deren Bereitschaftsfaktor ankommt. Eine kurze Reparaturdauer ist genauso wichtig wie eine grosse MTBF. Damit wird die Forderung nach einer modularen, leicht zugänglichen Bauweise und einem gewissen Bestand an Ersatzmaterial begründet. Ferner zeigt sich, im Gegensatz zu oft angeführten Behauptungen, dass eine grosse Verbesserung in der Stromversorgungssicherheit auch dann entstehen kann, wenn die MTBF der Notstromanlage vergleichbar mit derjenigen des Netzes oder sogar schlechter als diese ist.

Es muss allerdings gesagt werden, dass in den obigen Überlegungen stillschweigend ein absolut zuverlässiger Umschalter vorausgesetzt wurde. Durch eine geeignete Auslegung kann aber ein solcher Umschalter praktisch beliebig zuverlässig gemacht werden.

Um ein Gefühl für die Grössenordnung der angeführten Kennzahlen zu bekommen, wird zuerst die Ausfallrate des

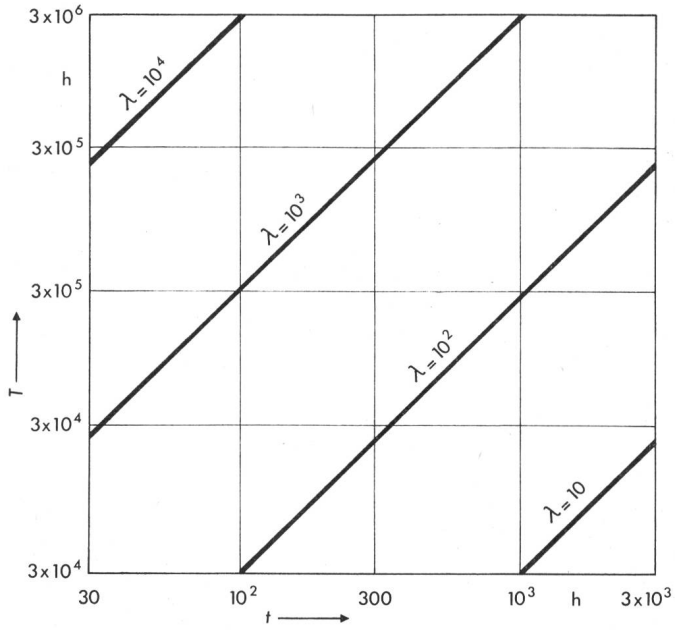


Fig. 2 Mittlere Zeit T zwischen zwei aufeinanderfolgenden Ausfällen einer Stromversorgung, als Funktion der mittleren Zeit t zwischen zwei aufeinanderfolgenden Ausfällen des Netzes mit dem Bereitschaftsfaktor λ als Parameter

[1]) Mean Time Between Failures.

Netzes benötigt. Diese Ausfallrate variiert natürlich sehr stark, je nachdem, welches Netz in Betracht gezogen wird. Als praktisches Beispiel diene im vorliegenden Fall das 16-kV-Netz des Aargauischen Elektrizitätswerkes (AEW). Dies ist ein sehr sicheres Netz, mit einer ausführlichen Störungsstatistik[2]). Dieser Statistik ist zu entnehmen, dass im Berichtsjahr insgesamt 171 Störungen aufgetreten sind, wovon 76 Fälle oder 44 % zu einer bleibenden Abschaltung und damit zu einem Leistungsausfall führten. (18 lokale und 49 regionale Abschaltungen, 9 Ausfälle von Unterwerken.) Die gesamte Unterbruchsdauer bei Leitungsabschaltungen dauerte 1820 min, so dass die durchschnittliche Unterbruchsdauer bei Leitungsabschaltungen ca. 27 min betrug. Die durchschnittliche Unterbruchsdauer bei Unterwerk-Ausfällen betrug 9 min. Daraus folgt, dass die durchschnittliche Dauer aller Unterbrüche, die zu Leistungsausfällen führten

$$27\,\frac{67}{76} + 9\,\frac{9}{76} = 25 \text{ min}$$

beträgt. Die sog. Unterbrechungsdauer T_u, definiert durch

$$T_u = \frac{W_{\text{Ausfall}} \cdot 8760 \cdot 60 \text{ min}}{W_{\text{Jahr}}}$$

betrug aber 33 min, so dass die durchschnittliche Anzahl von Unterbrüchen pro Jahr, die zu Leistungsausfall führten, 33/25 $\approx$ 1,3 war. Daraus ergibt sich die durchschnittliche Anzahl Störungen pro Jahr von 1,3/0,44 $\approx$ 3.

Die Zahl von drei Störungen pro Jahr bildet natürlich eine absolut untere Grenze, indem erstens ein sehr gutes Netz gewählt wurde und zweitens die weitere Verteilung als störungsfrei angenommen wird. Die Hauptsache ist aber, dass bei Annahme eines Bereitschaftsfaktors von $\lambda = 1000$, was für eine gute Notstromanlage erreichbar sein dürfte, die MTBF der Stromversorgung des Verbrauchers auf jeden Fall so gross ist, dass schon längst ganz andere Ausfallursachen beim Verbraucher selber in Erscheinung getreten sind. Eine redundante Ausführung der Notstromanlage ist deshalb nicht gerechtfertigt, mit Ausnahme weniger Fälle, wo das Netz ausserordentlich schlecht ist. Dann würde man aber auch keine statische Netzumschaltung vorsehen. Der numerische Zusammenhang zwischen st, λ und T ist aus Fig. 2 ersichtlich.

Ergänzend sei bemerkt, dass die Annahme über die relative Kürze der Netzausfälle gegenüber der Zeit q im Falle vom 16-kV-Netz des AEW berechtigt ist, da q typisch zwischen 5 und 20 h liegt.

[2]) s. Jahresbericht über den 16-kV-Netzbetrieb 1972/73 vom Betriebsbüro des AEW, Aarau, 9. November 1973.

Adresse des Autors:
Erik W. Aslaksen, Direktor, Gutor AG, 5430 Wettingen.

Anders Jonas Ångström 1814–1874

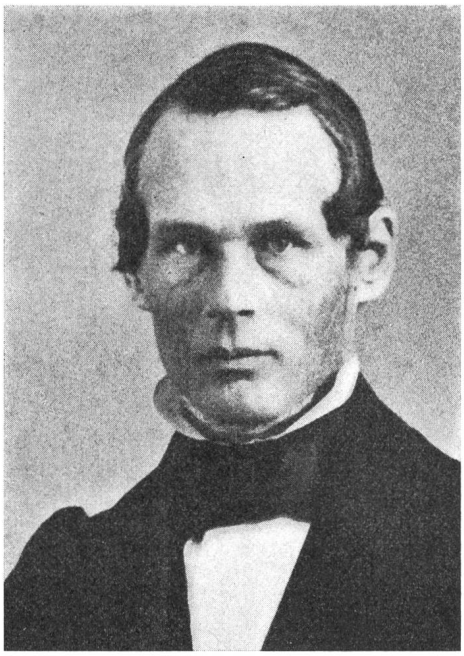
Das Ångström ist bekanntlich eine Masseinheit für kleine Längen, wie sie bei den Wellenlängen des Lichtes vorkommen:

$1 \text{ Å} = 10^{-8}$ cm

Der Name wurde gewählt zu Ehren des schwedischen Physikers, der während vielen Jahren systematische Untersuchungen über die Wellenlängen des Lichtes an den Stellen der Fraunhoferschen Linien, in den Spektren der Sonne, des Nordlichtes und leuchtender Gase ausgeführt hatte. Er zeigte, dass im Spektrum eines Lichtbogens die Metall-Linien der Elektroden und die Linien des glühenden Gases auftreten. Ferner wies er nach, dass die von einem leuchtenden Gas emittierten Linien übereinstimmen mit den von diesem Gas in kaltem Zustand absorbierten Linien. Dazu waren Tausende von spektroskopischen Messungen erforderlich.

Ångströms Vater war Pastor in Lögdö in einer der nördlichsten Provinzen Schwedens. Dank grösster Sparsamkeit konnten die Eltern alle drei Söhne studieren lassen; alle drei wurden Professoren.

Anders Jonas, der Zweitgeborene, kam am 13. August 1814 zur Welt. 1833 immatrikulierte er sich an der Universität Uppsala für das Studium der Mathematik und Physik. Sechs Jahre später errang er den Doktorgrad und erhielt sofort eine Lektorenstelle. 1841 starb der Inhaber des Lehrstuhles für Physik. Ångström war zu dieser Zeit noch zu wenig bekannt und meldete sich auch nicht für die Stelle, so dass diese einem andern angeboten wurde. Ångström musste einsehen, dass er nun auf lange Zeit keine Aussicht hatte, den Physiklehrstuhl bekleiden zu können. Er bewarb sich daher um die Stelle des Astronomie-Assistentprofessors und ging zur bessern Vorbereitung für ein Jahr ans Observatorium Stockholm. 1846 avancierte er zum Ordinarius. In dieser Zeit begannen die Spektraluntersuchungen. 1853 veröffentlichte er seine «optischen Forschungen».



Universitätsbibliothek Uppsala

1858 wurde er Physikprofessor, nachdem sein Vorgänger gestorben war. Nun war er in seinem Element. Neben den spektroskopischen Arbeiten machte er Studien über die Erdwärme und erdmagnetische Untersuchungen. Im Auftrag der königlichen Akademie in Stockholm hatte er auch die magnetischen Messungen einer Forschungsreise um die Welt auszuwerten, da der Leiter der Expedition kurz nach der Heimkehr gestorben war. Viele Veröffentlichungen zeugen von der fruchtbaren Tätigkeit Ångströms.

Von 1868 an war er Mitglied des Stadtparlamentes von Uppsala; in den Jahren 1870/71 fiel ihm die Rektorenehre seiner Universität zu. 1868 wurde sein Vorschlag, die Wellenlänge des Lichtes in der Einheit von 10^{-8} cm auszudrücken, international angenommen.

Viele wissenschaftliche Akademien und die Royal Society in London ernannten ihn zu ihrem Mitglied.

Nach kurzer Krankheit starb Ångström am 21. Juni 1874 in Uppsala. Mit der Witwe, einem Sohn und einer Tochter trauerte die ganze wissenschaftliche Welt.

H. Wüger