

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 54 (1963)

Heft: 16

Artikel: Auswirkungen von Netzstörungen auf Industriebetriebe

Autor: Courvoisier, G.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916504>

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: 17.02.2026

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

Auswirkungen von Netzstörungen auf Industriebetriebe

Von G. Courvoisier, Baden

621.316.1.014.7.064.1

Netzstörungen machen sich an den Speisestellen von Industriebetrieben durch Spannungssenkungen verschiedener Tiefe und Dauer bemerkbar. Deren Rückwirkungen auf die betroffenen Anlagen hängen einerseits von ihrem Verlauf und andererseits von den typischen Eigenschaften der Betriebe selber ab. Angesichts einer internationalen Diskussion des erwähnten Fragenbereiches hat der SEV eine Umfrage bei schweizerischen Industriebetrieben veranstaltet, um Einblick in die praktische Bedeutung dieser reichlich komplexen Angelegenheit zu gewinnen. Ihr Ergebnis wird in knapper Form bekanntgegeben. Da für das übliche Niveau von Speisenetzen für Industrieanlagen Unterlagen über die statistische Verteilung von Tiefe und Dauer vorübergehender Spannungssenkungen nach Betrag und Häufigkeit fehlen, muss sich der Bericht auf eine allgemeine Darstellung der wichtigsten Gesichtspunkte beschränken.

Im Rahmen der Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE) studiert deren Comité d'Etudes 4, Protection et relais, die Auswirkungen von Netzstörungen auf die Industriebetriebe. Zu diesem Problem hatte sich auch das Schweiz. Nationalkomitee der CIGRE zu äussern. Um einen mit konkreten Angaben untermauerten Bericht abgeben zu können, hat der Schweizerische Elektrotechnische Verein eine Umfrage veranstaltet, auf welche Antworten von 21 Industriefirmen eingingen. Im folgenden seien die wichtigsten Resultate der Umfrage kurz zusammengefasst:

Netzstörungen, d. h. Erd- und Kurzschlüsse in den Anlagen der Energieproduktion und -verteilung, machen sich in den angeschlossenen Industrieanlagen durch Spannungssenkungen verschiedener Tiefe und Dauer bemerkbar. Sie können die Auslösung von Schaltern durch unverzögerte Minimal-Spannungsauslöser, durch das Abfallen von Schützen und damit die Abschaltung der zugehörigen Verbraucher zur Folge haben. Es stehen verschiedene Mittel zur Verfügung, um solche Abschaltungen zu verhindern oder um eine rasche Wiedereinschaltung bei Wiedererscheinen einer genügend hohen Spannung zu erreichen, solange die Spannungseinbrüche eine gewählte Dauer nicht überschreiten; rotierende Maschinen erfahren dabei einen mehr oder weniger ausgeprägten Rückgang der Drehzahl und nehmen beim Wiedererscheinen der Spannung einen entsprechend hohen Strom auf.

Um sich ein Urteil darüber bilden zu können, in welchem Masse man bei einem Industriebetrieb mit schädlichen Rückwirkungen von Netzstörungen rechnen muss und wie man solchen mit wirtschaftlichen Mitteln begegnen könnte, benötigt man einerseits Anhaltspunkte dafür, wie häufig und mit welchen Beträgen von Tiefe und Dauer vorübergehende Spannungssenkungen an der interessierenden Netzstelle erwartet werden müssen, und andererseits dafür, wie die verschiedenen Einrichtungen des Betriebes auf solche Spannungssenkungen reagieren.

Während die meisten lokalen Versorgungsbetriebe in der Lage sind, statistische Angaben über Häufigkeit und Dauer von Störungen im eigenen Betrieb vorzulegen, scheinen keine analogen Unterlagen über die Auswirkungen von Erd- und Kurzschlägen innerhalb der überlagerten Verbundsysteme auf die lokalen Versorgungsnetze verfügbar zu sein. Man ist dafür, wenigstens vorläufig, auf Schlussfolgerungen aus allgemeinen Überlegungen angewiesen.

Les perturbations survenant dans les réseaux se traduisent aux endroits, où les établissements industriels sont connectés, par des abaissements de la tension de différents degrés et de différentes durées. Les répercussions, qui en résultent dans les établissements touchés, dépendent d'une part de l'allure de l'abaissement de la tension et d'autre part des propriétés particulières de ces établissements. Ayant connaissance d'une discussion internationale en cours au sujet de ce groupe de questions, l'ASE a procédé à une enquête parmi certains établissements industriels suisses, pour se faire une idée de l'importance pratique de cette affaire plutôt complexe. Le résultat de cette enquête est communiqué d'une manière succincte.

Le rapport doit se limiter à l'exposé général des points de vue les plus importants, étant donné qu'il n'y a pas de données concernant la répartition statistiquée des degrés, des durées et de la fréquence des abaissements passagers de la tension en ce qui concerne le niveau habituel des réseaux d'alimentation d'établissements industriels.

Die Energieversorgung der Schweiz erfolgt über vermaschte Leitungssysteme auf verschiedenen Spannungsebenen, die an diversen Stellen miteinander über Transformatoren verbunden sind. Grundsätzlich macht sich jede kurzschlussartige Störung innerhalb dieses Gebildes an jeder Netzstelle bemerkbar. Kraftwerke, Unterstationen mit Synchronkompensatoren und Industriewerke mit grossen Synchronmotoren bilden darin verteilte Spannungsstützpunkte. Dies hat zur Folge, dass tiefe Spannungseinbrüche sich auf einen verhältnismässig engen Bereich um die jeweilige Störungsstelle beschränken; durch die Kurzschlussreaktanz der Kuppeltransformatoren wird der Übergriff einer Spannungssenkung in einem Netz bestimmter Nennspannung auf ein angeschlossenes Netz anderer Nennspannung gedämpft. Einen nützlichen Hinweis auf die Grössenordnung der Spannungssenkungen im Bereich der Anschlußstellen von Industriebetrieben gibt die Mitteilung aus einem grossen Verteilsystem des benachbarten Auslandes, wonach dort die Zahl der Reklamationen aus Industriekreisen wegen Beeinträchtigung ihrer Betriebe durch Netzstörungen innert 5 Jahren auf einen Zehntel zurückgegangen sei, nachdem man die Bestimmung eingeführt hatte, die Abfallspannung unverzögter Minimal-Spannungsauslöser und -Schütze dürfe höchstens 65 % ihrer Nennspannung betragen. Man kann daraus schliessen, dass viele vorübergehende Spannungssenkungen an den Speisepunkten von Industriebetrieben diese Grenze nicht unterschreiten, und dass viele Betriebeinrichtungen diese Vorgänge ohne schädliche Rückwirkungen überstehen.

Erd- und Kurzschlüsse in Hoch- und Höchstspannungsanlagen, welche mit modernen Schaltern und Schutzeinrichtungen versehen sind, werden in höchstens 0,2 s abgeschaltet. Dies ist auch die Dauer der Spannungssenkung an allen Netzstellen, welche mit einer Störungsstelle in Verbindung stehen, mit Ausnahme der betroffenen Leitung selbst; diese gelangt bestenfalls nach etwa 0,5 s wieder unter Spannung, d. h. dann, wenn die Störung vorübergehenden Charakter hat und die Schalter für Schnellwiedereinschaltung ausgerüstet sind. Mit einem vollen Zusammenbruch der Energielieferung von etwa 0,5 s Dauer am Eingang eines Industriewerkes muss man dann rechnen, wenn es selber oder das Mittelspannungsnetz, an das es angeschlossen ist, über eine einzige Stichleitung gespeist wird und auf dieser ein Kurzschluss erfolgt.

Kurzschlüsse in den lokalen Verteilnetzen selbst verursachen am Eingang angeschlossener Industriewerke meistens tiefe Spannungseinbrüche; je nach dem eingesetzten Netzschatz kann ihre Dauer einige Zehntel bis zu 3 und mehr Sekunden betragen.

Aus diesen notwendigerweise summarischen Überlegungen lässt sich der Schluss ziehen, dass kurzschlussartige Störungen in den überlagerten Energieversorgungssystemen vielfach ohne erhebliche Rückwirkungen auf angeschlossene Industriebetriebe vorübergehen, besonders, wenn bei deren Ausrüstung die Möglichkeit kurzzeitiger Spannungssenkungen einigermassen berücksichtigt wurde. Gewicht bei der Beurteilung des äusseren Störungsrisikos eines Industriebetriebes haben dagegen die kurzschlussartigen Störungen im unmittelbar anspeisenden Lokalnetz.

Es dürfte unschwer einzusehen sein, dass die verschiedenen Betriebselemente industrieller Betriebe auf vorübergehende Spannungssenkungen sehr verschieden reagieren. Zunächst ist jene Gruppe von Fabrikationseinrichtungen zu erwähnen, welche ohne qualitative Beeinträchtigung ihrer Produktion abgeschaltet und wieder in Betrieb genommen werden kann; hieher gehören manche Textil- und Werkzeugmaschinen, Pumpen usw. Eine zweite Gruppe bilden jene Einrichtungen, welche einen Unterbruch der Energiezufuhr anstandslos überstehen, solange seine Dauer einige Sekunden oder Minuten nicht übersteigt; hier sind besonders Elektrolyse-, chemische und elektrothermische Anlagen zu nennen. Es ist jedoch zu beachten, dass gerade bei diesen Fabrikationsprozessen sehr erhebliche Schäden entstehen können, wenn die Energiezufuhr unzulässig lange aussetzt. Erinnert sei beispielsweise an Einrichtungen zur Verarbeitung von Massen, welche im Ausgangszustand plastisch sind, im Verlaufe des Fabrikationsprozesses jedoch erstarren, Schmelzen, welche «einfrieren» können, Glühöfen mit festem Behandlungsprogramm oder die chemische Behandlung von Textilien im Durchlaufverfahren. Relativ unempfindlich gegen vorübergehende Spannungssenkungen sind auch rotierende Maschinen mit hohem Schwungmoment, wie Gebläse und Kompressoren sowie gewisse Umformergruppen, besonders, wenn sie durch Asynchronmotoren angetrieben werden. Eine dritte typische Gruppe von Fabrikationseinrichtungen, welche im vorliegenden Zusammenhang hervorzuheben ist, wird durch Einrichtungen gebildet, deren korrekter Lauf von einer empfindlichen Regelung oder Steuerung abhängt; hieher gehören in erster Linie Papiermaschinen sowie gewisse automatisch gesteuerte Fabrikationsstrassen.

Diesen drei Gruppen typischer Reaktionsweisen entsprechen in grossen Zügen auch drei Arten von Massnahmen gegenüber vorübergehenden Spannungssenkungen. Die erste ist die unverzögerte Abschaltung bei Rückgang der Netzsspannung unter einen gewissen Prozentsatz ihres Nennwertes, gefolgt von einer Wiedereinschaltung durch das Bedienungspersonal. Sie bildet die denkbar einfachste Variante. Ihre Anwendung ist im allgemeinen dort angezeigt, wo das vorübergehende Stillsetzen einer Fabrikationseinrichtung keine qualitativen Nachteile in der Produktion verursacht; besonders angezeigt ist sie bei motorischen Antrieben, deren Drehzahl auch bei kurzen Spannungseinbrüchen merklich zurückgeht; ferner ist zu verweisen auf Antriebe mit Schleifringanker- oder Kollektormotoren, sodann auf solche, die

für Leerlauf ausgelegt sind; ferner auf Anlagen mit mehreren motorischen Antrieben, in denen die Summe aller Anlaufströme die Auslösung eines vorgeschalteten Hauptschalters oder von Gruppensicherungen hervorrufen könnte.

Die zweite Gruppe typischer Massnahmen sei als Überbrückung bezeichnet. Sie umfasst Einrichtungen, wie verzögerte Minimal-Spannungsauslöser für Schalter, abfallverzögerte Haltekontakte für Schützen, parallelgeschaltete Kondensatoren oder Kleinakkumulatoren zu gleichrichtergetriebenen Schützenspulen usw. Durch sie wird bewirkt, dass die damit ausgerüsteten Fabrikationseinrichtungen mit dem speisenden Netz verbunden bleiben oder bei Wiederkehr genügender Spannung automatisch wieder zugeschaltet werden, solange eine Spannungssenkung die gewählte Verzögerungszeit nicht überschreitet. Ihr Anwendungsgebiet ist in erster Linie jene schon erwähnte Gruppe von Anlagen, welche kurzzeitige Ausfälle der Energielieferung ohne Nachteil zu überstehen vermögen. Auch muss sie gelegentlich bei lebenswichtigen Pumpenantrieben vorgesehen werden, obgleich hier mit kräftigen Überströmen bei Wiederkehr der Spannung zu rechnen ist; angemessene Massnahmen müssen dabei sekundäre Auslösungen durch die Anlaufströme verhindern. Vorsicht ist im Falle ihrer Anwendung bei anderen motorischen Antrieben geboten; insbesondere muss Gewähr dafür bestehen, dass durch das automatische Wiederbeschleunigen einer Maschine weder Personen, noch Maschine, noch Werkstücke gefährdet werden können.

Bei Fabrikationseinrichtungen, deren Lauf auch durch kurzzeitige Spannungssenkungen empfindlich gestört werden kann, gewährleistet nur die Energieübertragung über rotierende Umformer eine vollständige Abschirmung gegen Rückwirkungen vorübergehender Netzstörungen. Zieht man eine Speisung solcher Verbraucher, wie beispielsweise Papiermaschinen mit hochempfindlicher Drehzahl- und Zugregelung, über geregelte Gleichrichter vor, so muss man störende Rückwirkungen in jenen Fällen in Kauf nehmen, in denen die ankommende Spannung ein kritisches Mass unterschreitet. Erscheint der Einsatz rotierender Umformer oder ge regelter Gleichrichter in anderen Fällen, z. B. bei automatisch gesteuerten Produktionsstrassen, wirtschaftlich nicht tragbar, so bleibt meistens nichts anderes übrig, als solche Einrichtungen unverzögert stillzusetzen und sie anschliessend ordnungsgemäss wieder anzufahren.

Besondere Aufmerksamkeit verlangen hiebei Einrichtungen, in denen mehrere unabhängig angetriebene, aber aufeinander abgestimmte Elemente zusammenwirken. Als Beispiele seien erwähnt: Steinbrecher mit den zugehörigen Materialtransportbändern oder Fräsmaschinen mit getrenntem Tisch- und Werkzeugantrieb. In solchen Fällen muss durch passende Verriegelungen dafür gesorgt werden, dass alle zusammengehörenden Antriebe abgestellt werden, sobald einer von ihnen ausfällt; die Abfallspannungen von Minimal-Spannungsauslösern und -Schützen stimmen nie genügend gut überein, dass man sich beim Auftreten einer Spannungssenkung, welche gerade genügt, um ein Schütz oder einen Schalter ausfallen zu lassen, darauf verlassen könnte, dass alle übrigen dies auch tun, ohne dass man bewusst dafür sorgt.

In den gleichen Zusammenhang gehört der Hinweis, dass es wenig Sinn hat, bei einer Fabrikationseinrichtung die Minimal-Spannungsauslösung der Hauptanspeisung zu ver-

zögern, wenn man gleichzeitig die unverzögerte Abschaltung sekundärer, aber betriebswichtiger Elemente, wie beispielsweise Pumpen und Ventilatoren, zulässt.

Verfügen Industriebetriebe über eigene hydraulisch oder thermisch angetriebene Generatoren, welche dauernd im Betrieb sind und einen Teil der benötigten Leistung zu decken vermögen, so erweist es sich als zweckmäßig, besonders betriebswichtige Teile der Fabrikationseinrichtungen mit einem totalen Leistungsbedarf entsprechend der Eigenproduktion auszuscheiden und fest mit den eigenen Stromquellen zu verbinden; diese Gruppe wird über einen Kuppelschalter mit dem Rest der Fabrikationseinrichtungen und der Energieanspeisung von aussen verbunden. Bei einer Spannungssenkung im äusseren Netz wird der Kuppelschalter augenblicklich oder verzögert geöffnet; die bevorzugten Fabrikationsteile bleiben in Betrieb. Deren Umfang kann von Fall zu Fall sehr verschieden sein. So muss sich beispielsweise eine Papierfabrik damit begnügen, bei einem Ausfall der äusseren Energiezufuhr die Pumpen und Ventilatoren ihres Kesselbetriebes mit der eigenen Energie in Gang zu halten, während eine andere in der Lage ist, dank der Energieproduktion einer eigenen Turbogruppe auch die Papiermaschinen mit der nötigen Energie zu versorgen.

Ein Gesichtspunkt, welcher erst in neuerer Zeit Bedeutung gewonnen hat, betrifft Gleichstromanlagen, welche über rotierende Umformer gespeist werden. Regelt man deren Spannung oder die Drehzahl der gespeisten Motoren mit Hilfe elektronischer Regler, besonders unter Verwendung von Transistorverstärkern oder magnetischer Verstärker, so muss man dafür sorgen, dass auch deren Wechselstromanspeisung vom Hauptnetz unabhängig erfolgt. Andernfalls wirken sich Spannungseinbrüche im Hauptnetz auf dem Umweg über Umformer- und Motorenenerregung störend auf den Betrieb der gespeisten Maschine aus. Gleicher gilt

für die Schütze in solchen Anlagen, welche über Gleichrichter gespeist werden.

Aus den Antworten auf die eingangs erwähnte Umfrage erhält man den Eindruck, dass gelegentliche Rückwirkungen von Netzstörungen auf die Betriebe im allgemeinen als unvermeidliche und in ihrer Häufigkeit erträgliche Begleiterscheinungen des Energiebezuges aus den grossen Verteilernetzen betrachtet werden. Ihre Bewertung ist allerdings recht unterschiedlich; so werden einerseits 2 Spannungssenkungen pro Jahr als «wiederholte Beeinträchtigung des Betriebes» und anderseits 10...20 derartige Vorfälle pro Jahr als «selten» bezeichnet. Verwertbare Angaben über Tiefe und Dauer der Spannungssenkungen können den Antworten nicht entnommen werden. Es wäre verdienstvoll, wenn einige grössere Energieversorgungsunternehmen sich dazu entschliessen könnten, mit Hilfe einsystemiger Störungsschreiber an einigen wichtigen Netzstellen auf dem Spannungsniveau, von dem aus Industriebetriebe direkt gespeist werden, über eine nützliche Zeitdauer hin alle Spannungssenkungen unter 80...90 % der Nennspannung nach Tiefe und Dauer aufzunehmen.

Die Verarbeitung der erhaltenen Antworten macht es augenscheinlich, dass keine Einheitslösung für die aufgeworfene Frage gefunden werden kann. Im allgemeinen wird der unverzögerten Abschaltung mit nachfolgender Wiedereinschaltung durch das Bedienungspersonal der Vorzug gegeben. In umfangreichen Anlagen mit verschiedenartigen Teilbetrieben werden die Massnahmen dem besonderen Charakter jedes Teilbetriebes angepasst. Die zweckmäßigsten Lösungen dürften in jedem Fall auf Grund einer vernünftigen Aussprache zwischen Vertretern der Energielieferanten und der Industriebetriebe zu erreichen sein.

Adresse des Autors:

G. Courvoisier, Oberingenieur, AG Brown, Boveri & Cie., Baden (AG).

HENRY BESSEMER

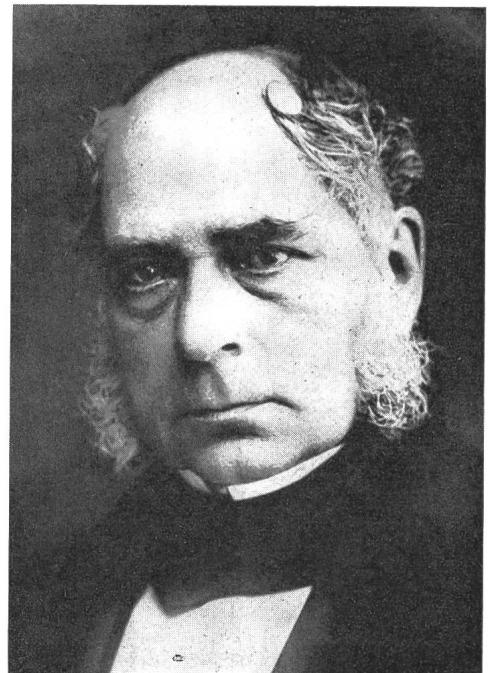
1813—1898

Wasserturbinen, Dampfturbinen, Wellen, aber auch die Bleche der elektrischen Maschinen und Transformatoren bestehen aus Stahl. Nicht nur die Maschinentechnik, auch die Elektrotechnik ist ohne Stahl undenkbar. Darum sei heute eines Mannes gedacht, der die industrielle Herstellung dieses wichtigen Werkstoffes massgeblich förderte.

Schmiedbares Eisen, also Stahl, kannte man zwar schon lange. Aber der Hochofen, der erst erlaubte, grosse Mengen Erz zu schmelzen, lieferte der viel höheren Temperaturen wegen flüssiges, mit Kohlenstoff angereichertes Gusseisen. Durch Entkohlung in Frischöfen, den sog. Puddelöfen, gewann man Stahl. Doch war die Produktion eines solchen Ofens mit 2...3 t/Tag äusserst gering. 1855 erfand Henry Bessemer das Windfrischverfahren, bei dem Luft durch das flüssige Eisen geblasen wird. Dieses, das Bessemer-Verfahren, erhöhte die Produktionsmöglichkeit auf etwa das Zweihundertfache, d. h. 400...600 t/Tag, was natürlich eine gewaltige Steigerung der Stahlproduktion ermöglichte und ganz neue Wege eröffnete.

Henry Bessemer wurde vor 150 Jahren am 19. Januar 1813 in Charlton (Hartfordshire) geboren. Er war sehr vielseitig, was allein schon durch die zahlreichen Patente, die er erhielt, belegt wird. Sie betreffen unter anderem Typengiesserei, Eisenbahnbremsen, Glasfabrikation und natürlich die Stahl- und Eisengewinnung. Bessemer wurde für seine Leistungen in den niedern englischen Adel erhoben und erhielt den Titel eines Sir.

Am 13. März 1898 starb Bessemer in London. Die von ihm gestiftete Medaille wird seit 1871 für besondere Verdienste im Eisenhüttenwesen verliehen.



H. W.