Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 45 (1954)

Heft: 15

Artikel: Eine besondere Eigenschaft von Belastungskurven mit konstantem Energiegehalt

Autor: Degen, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1061187

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: 25.11.2025

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

längs der Leitung sich durch die Zuschaltung der Last um 16,5 ° im nacheilenden Sinn verändert. Das Polrad macht somit diese plötzliche Verdrehung seiner Klemmenspannung in Form einer Schwingung mit. Der Spannungsregler greift nun ein und verstärkt die Erregung, was zur Folge hat, dass sich der Lastwinkel rasch verkleinert und auf den neuen Belastungszustand einschwingt. Dieser Versuch zeigt, dass die zusätzliche Regulierung in Funktion des Winkels die Arbeitsweise des Spannungsreglers in keiner Weise beeinträchtigt.

Mit einer weiteren Serie von dynamischen Versuchen musste festgestellt werden, ob die Regulierung in Funktion des Winkels einen störenden Einfluss auf die Funktion des Turbinenreglers hat oder umgekehrt. Ebenso wurde das Verhalten der Synchronmaschine mit und ohne winkelabhängige Regulierung bei Kurzschlüssen mit Abschaltung und Schnellwiedereinschaltung verglichen. In beiden Fällen hatte die winkelabhängige Zusatzregulierung keinen störenden Einfluss.

f) Zusammenfassung

Die künstliche Stabilisierung von Synchronmaschinen mittels einer winkelabhängigen Erregungsbeeinflussung wird immer dann mit grossem Vorteil angewendet, wenn die Synchronmaschine grosse Blindleistungen aufnehmen muss. Es wurde gezeigt, dass die Einführung einer zusätzlichen Erregungskomponente in Funktion des Lastwinkels zwischen dem Polrad und der Klemmenspannung, bei Anwendung der negativen Erregung, die aufgenommene Blindleistung im Verhältnis x_d/x_q zu vergrössern gestattet, ohne dass der Betrieb irgendwie gefährdet würde. Diese Zusatzregulierung kann nicht nur für Synchronkompensatoren angewendet werden, sondern auch für Synchrongeneratoren, die, je nach der Öffnung der Turbine, generatorisch oder motorisch arbeiten können. Der Übergang von einer Betriebsart auf die andere ist stetig und erfordert keine zusätzliche Umschalteinrichtungen. Wird die stabilisierende zusätzliche Regelfunktion richtig ausgelegt, so kann jegliche Fehlsynchronisation nach einer Schlüpfung um einen Pol verhindert werden. Der Rotor wird gezwungen, weiter zu schlüpfen, um sich mit der richtigen Polarität wieder aufzufangen.

Die Regulierung in Funktion des Winkels beherrscht die Synchronmaschine in jedem Moment. Dies konnte nur dadurch geschehen, dass die Zusatzerregung allein vom Lastwinkel abhängig gemacht wurde, ungeachtet davon, welchen Wert die anderen gemessenen Grössen haben.

Literatur

[1] *Jean-Richard, Ch.:* Réglage automatique d'un transformateur à gradins avec choix automatique du genre de réglage: puissance réactive ou tension. Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE), Paris 1946, Bd. 1, rapp. 104.

[2] *Gantenbein, A.:* Bisherige Lösungen zur Regulierung von Spannung und Blindleistung und ihre Grenzen. Bull. SEV Bd. 43(1952), Nr. 13, S. 545...551.

[3] *Lavanchy, Ch.:* Amélioration de la stabilité des machines synchrones par le réglage de leur excitation. Bull. SEV Bd. 43(1952), Nr. 5, S. 149...160.

[4] *Lavanchy, Ch.:* Réglage des compensateurs synchrones en contre-excitation, solution nouvelle. Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE), Paris 1952, Bd. 3, rapp. 331.

[5] *Lavanchy, Ch.:* La stabilità delle macchine sincrone. Applicazione alla regolazione dei compensatori sincroni funzionanti come assorbitori di potenza induttiva. Elettrotecnica Bd. 39(1952), Nr. 10, S. 486...494.

[6] *Robert, R.:* Micromachines et microréseaux: Etude des problèmes de stabilité transitoire par la réalisation de modèles électromécaniquement semblables aux machines et réseaux existants. Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques, Paris 1950, Bd. 3, rapp. 338.

Adresse des Autors:

R. Noser, Ingenieur, A.-G. Brown, Boveri & Co., Baden.

Eine besondere Eigenschaft von Belastungskurven mit konstantem Energieinhalt

Von *A. Degen*, Basel

621.317.614

Es wird gezeigt, dass die Form einer durch Messung bestimmten Belastungskurve keinen Einfluss auf die effektive Energieabgabe hat, wenn die gemessene Energie konstant ist und wenn zwischen dem Messfehler und der Belastung ein linearer Zusammenhang besteht.

Il est démontré que la forme d'une courbe de charge déterminée par des mesures n'a pas d'influence sur la fourniture effective d'énergie, lorsque l'énergie mesurée est constante et qu'il existe une relation linéaire entre l'erreur de mesure et la charge.

Bei energie- und bei wärmewirtschaftlichen Untersuchungen stellt sich oftmals das Problem, aus einer Anzahl gemessener Grössen mit Hilfe einer Fehlerkurve die zugehörigen Effektivwerte zu bestimmen. Mit den Bezeichnungen in Fig. 1 gilt:

$$W = \int_{t=0}^{t=t_1} P \, dt \qquad (1)$$

$$P_e = P + \Delta P \qquad (2)$$

(P_e effektive Leistung; ΔP Korrekturglied)

$$W_e = W + \Delta W = \int_{t=0}^{t=t_1} P \, dt + \int_{t=0}^{t=t_1} \Delta P \, dt \qquad (3)$$

(W_e effektive Energie)

Die Korrekturglieder ΔP und ΔW können sowohl positiv als auch negativ sein.

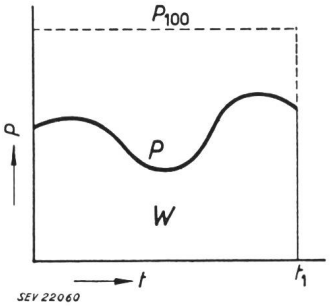

Fig. 1
Belastungsdiagramm

P gemessene Leistung
P_{100} Skalenendwert des Messinstrumentes
t Zeit
W gemessene Energie

Nun seien zwei beliebig verlaufende Belastungskurven gegeben, gekennzeichnet durch die Indizes 1 und 2. Diese lassen sich als Dauerkurven darstellen

(Fig. 2), wobei folgende Voraussetzung gemacht wird:

$$W_1 = \int_{t=0}^{t=t_1} P_1 \, dt = \int_{t=0}^{t=t_1} P_2 \, dt = W_2 \qquad (4)$$

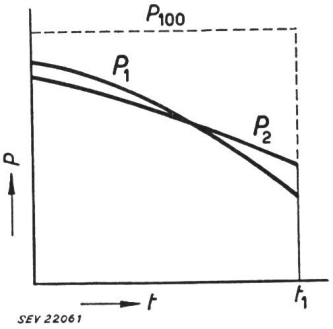

Fig. 2
Dauerkurven für die gemessene Leistung
P_1, P_2 Belastungskurven
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1

Zwischen dem Fehler f (in %) und der Belastung p (in %) bestehe nun allgemein folgender linearer Zusammenhang:

$$f = n\,p + b \qquad (5)$$

worin n und b Konstanten bedeuten, die unter Umständen auch zu Null werden können. Es sind die in Tabelle I zusammengestellten fünf Fälle denkbar:

Anwendungsmöglichkeiten — Tabelle I

Fall	Kennzeichnung	Absoluter Fehler	Relativer Fehler
1	Absoluter Fehler konstant	$\Delta P = \frac{f_{100}}{100} P_{100}$	$f = \frac{f_{100}}{p} 100$ %
2	Absoluter Fehler linear von der Belastung abhängig	$\Delta P = n\,p + b$	$f = \frac{(n\,p + b)\,10000}{p\,P_{100}}$ %
3	Relativer Fehler, bezogen auf den Skalenendwert P_{100}, konstant ($p = 100$%)	$\Delta P = \frac{b\,p}{10000} P_{100}$	$f = b$ %
4	Relativer Fehler, bezogen auf den jeweiligen Momentanwert P, konstant		
5	Relativer Fehler, bezogen auf den Skalenendwert P_{100}, linear von der Belastung abhängig	$\Delta P = \frac{(n\,p + b)}{100} P_{100}$	$f = np + b$ %

Wertet man nun Gl. (3) für zwei beliebige Belastungsfälle, gekennzeichnet durch die Indizes 1 und 2 aus, so kann man schreiben:

$$W_{e1} = W_1 + \Delta W_1 \qquad (6)$$

$$W_{e2} = W_2 + \Delta W_2 \qquad (7)$$

Da nach Gl. (4) $W_1 = W_2$ ist, so sind nur noch die Glieder ΔW_1 und ΔW_2 näher zu untersuchen.

Als Beispiel sei nun der Fall 5 durchgerechnet. Für die übrigen vier Fälle lässt sich der Beweis auf analoge Art erbringen.

$$\Delta W_1 = \int_{t=0}^{t=t_1} \Delta P_1 \, dt = \int_{t=0}^{t=t_1} \frac{(n\,p_1 + b)}{100} P_{100} \, dt =$$

$$= \frac{n\,P_{100}}{100} \int_{t=0}^{t=t_1} p_1 \, dt + \frac{b\,P_{100}\,t_1}{100} \qquad (8)$$

Nun ist aber

$$\int_{t=0}^{t=t_1} p_1 \, dt = \frac{100}{P_{100}} \int_{t=0}^{t=t_1} P_1 \, dt = \frac{100}{P_{100}} W_1 \qquad (9)$$

Somit kann man für ΔW_1 bzw. für ΔW_2 schreiben

$$\Delta W_1 = n\,W_1 + \frac{b\,P_{100}\,t_1}{100} \qquad (10)$$

$$\Delta W_2 = n\,W_2 + \frac{b\,P_{100}\,t_1}{100} \qquad (11)$$

Da W_1 nach Gl. (4) gleich W_2 ist, so muss auch $\Delta W_1 = \Delta W_2$ sein, d. h. die Form der Belastungskurven 1 und 2 hat keinen Einfluss auf die zugehörigen Korrekturglieder ΔW_1 und ΔW_2. Diese sind unabhängig vom zeitlichen Verlauf der Belastungskurven, sofern der Energieinhalt in beiden Fällen gleich gross ist. Wie man sich leicht überzeugen kann, gilt diese Feststellung in den folgenden Fällen nicht mehr:

1. Der relative Fehler ist linear von der Belastung abhängig und bezieht sich auf den jeweiligen Momentanwert.

2. Der Zusammenhang zwischen der Belastung und dem zugehörigen Fehler verläuft nicht mehr linear.

In diesen Fällen erhält man bei der Auswertung Integrale, die die Belastung in der zweiten oder in noch höheren Potenzen enthalten. Diese werden im allgemeinen für zwei Belastungskurven mit gleichem Energieinhalt (Fig. 2) nicht mehr den nämlichen Wert ergeben. Ein einfacher Zusammenhang existiert hier somit nicht mehr.

Die angeführten Beziehungen gestatten es ferner, bei gleich bleibenden Fehlerkurven das Korrekturglied ΔW für beliebige Werte des Energieinhaltes rasch und ohne grossen Aufwand zu berechnen. Zu diesem Zwecke hat man, je nach dem Fall in Tabelle I, die den Gl. (10) oder (11) entsprechenden Beziehungen abzuleiten und anzuwenden.

Adresse des Autors:
Alfred Degen, Dipl. El.-Ing. ETH, Colmarerstrasse 85, Basel.