Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 31 (1940)

Heft: 17

Artikel: Sparsame Betriebsführung

Autor: Kleiner, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1061377

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: 09.08.2025

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:
Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

ADMINISTRATION:
Zürich, Stauffacherquai 36 ❖ Telephon 5 17 42
Postcheck-Konto VIII 8481

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXXI. Jahrgang | N° 17 | Mittwoch, 21. August 1940

Sparsame Betriebsführung.

Vom *Generalsekretariat des SEV und VSE*, Zürich *(A. Kleiner)*.

621.311.2.004

An Hand einiger Beispiele wird gezeigt, wie sich bei den zu erwartenden Tages-Leistungsdiagrammen Wirkungsgrade und Verluste von Maschinengruppen, Transformatoren und Uebertragungsnetzen auswirken und, in Anbetracht der zu erwartenden Energieknappheit, wird die Forderung peinlich genauer und rationeller Betriebsführung gestellt.

L'auteur montre, à l'aide de quelques exemples, quelle influence le mode de mise en service, en fonction du diagramme journalier, des groupes de machines, des transformateurs et des lignes de transport exerce sur le rendement global des installations de production et de distribution.

Der kommende Winter und wohl schon die nächsten Monate werden bestimmt eine grosse Verknappung aller uns zur Verfügung stehenden Energiequellen bringen, so dass es nötig sein wird, auch unsere «weisse Kohle» so rationell als möglich auszunützen. Für den Betriebsleiter heisst das, alles daranzusetzen, dass auch nicht ein Tropfen unserer Wasserkräfte nutzlos abfliesst und dass aus den vorhandenen Energiequellen das Maximum des Möglichen herausgeholt werde. Wohl ist es klar, dass alle unsere Betriebsleiter ihre Aufgaben von jeher nach bestem Wissen und Können erfüllten und sich ihrer Verantwortung bewusst sind, aus ihren Anlagen das Maximum an Energie herauszuholen; es dürfte aber im jetzigen Moment doch nichts schaden, wenn hier an Hand von Beispielen auf einige wichtige Möglichkeiten zur Steigerung der Energieproduktion hingewiesen wird, die nur durch sorgfältigste Betriebsführung zu einer Verbesserung des Wirkungsgrades der Erzeugung und Uebertragung führen, also nichts kosten und doch, wenn es sich auch nur um wenige Prozente zu handeln scheint, recht wirksam sein können.

Als 4 wichtige Punkte greifen wir heraus:

1. Einfluss der Wirkungsgradkurven und der Grösse der zur Deckung des Tagesdiagrammes in Betrieb zu nehmenden Maschinengruppen.
2. Einfluss leerlaufender Maschineneinheiten.
3. Einfluss der eingesetzten Transformatorenleistung.
4. Einfluss des Leistungsfaktors $\cos\varphi$ der zu übertragenden Energiemengen und Leistungen.

1. Der Wirkungsgrad und die eingesetzten Maschinen.

Um den Einfluss der Wirkungsgradkurven und des Einsatzes der Maschinen zur Deckung des vorgeschriebenen Tagesdiagrammes beurteilen zu können, wurden aus der unendlich grossen Zahl der möglichen Fälle einige typische herausgegriffen. Natürlich kann die Untersuchung keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben; sie soll nur Anhaltspunkte geben, wie die einzelnen Faktoren das Problem beeinflussen. Da sich ergibt, dass dieser Einfluss nicht unbedeutend ist, lohnt es sich wohl, etwas näher auf die Verhältnisse einzugehen.

Zugrunde gelegt wurde ein vereinfachtes Tages-Diagramm nach Fig. 1, das ungefähr demjenigen einer Winterbelastungskurve der Gesamtenergieabgabe im Inland entsprechen dürfte. Für den Verlauf der Wirkungsgradkurve einer Maschinengruppe ab Generatorklemmen wurden ebenfalls 3 Fälle untersucht, die sich aus vorliegenden Abnahmeversuchen ergeben haben (Fig. 2).

Maschinen-Typ A entspricht einer Francis-Turbinengruppe älteren Datums, die zwar schon recht gute Wirkungsgrade, aber einen etwas ungünstigen Verlauf bei Teilbelastungen aufweist.

Maschinen-Typ B entspricht einer moderneren Anlage mit durchwegs höheren Wirkungsgraden, die etwa einer guten Hochdruck-Francis-Turbinen-Gruppe entsprechen dürfte.

Maschinen-Typ C entspricht einer modernsten Gruppe mit Kaplanrad, das bekanntlich auch bei Teillasten hohe Wirkungsgrade aufweist und in seinem Verlauf nicht wesentlich von einer guten Peltonradgruppe abweichen dürfte.

Bei all diesen Maschinentypen wurde angenommen, dass sie kurzzeitig um 10, äusserst um 20 % überlastet werden können, eine Annahme, die mit der Wirklichkeit ziemlich übereinstimmen dürfte, da die meisten Generatoren kurzzeitig stark überlastbar sind und auch der Grossteil der Turbinen so gebaut ist, dass sie 10 bis 20 % mehr Leistung abgeben können als ihrer Nennleistung, auf welche die Bestellung lautete, entspricht [1]).

[1]) Nach den SREM (Schweiz. Regeln für elektrische Maschinen) werden für Ueberlasten keine Garantien gegeben; der Betriebsleiter weiss jedoch, dass er den Maschinen und Transformatoren kurzzeitige Ueberlastungen zumuten darf, besonders, wenn keine Vollast vorausgegangen ist, und er wird dies mit Verständnis tun.

Mit diesen drei Maschinentypen wurde nun versucht, auf vier verschiedene Arten das Tages-Belastungs-Diagramm zu decken.

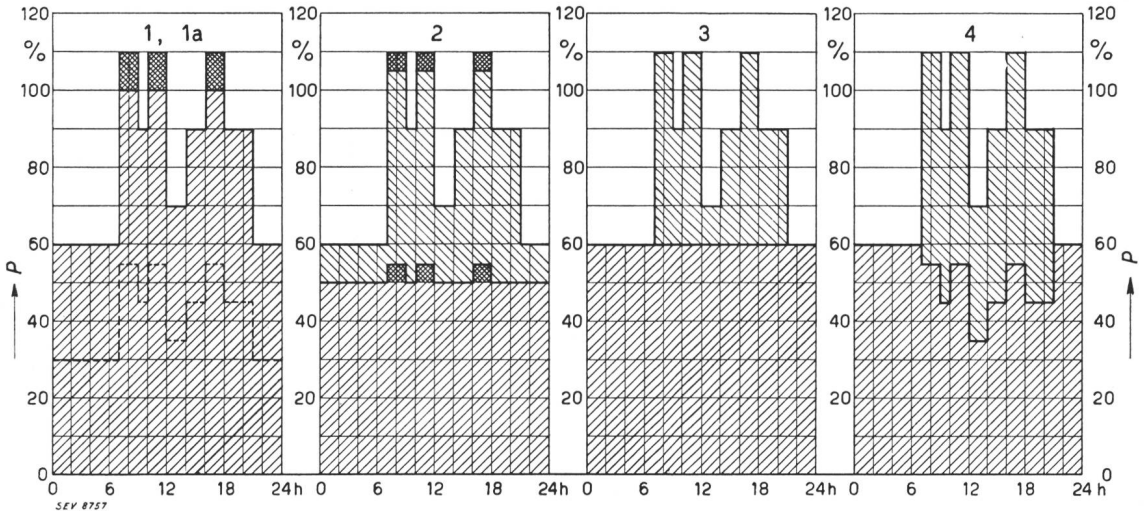
Fall 1 beruht auf der *Annahme*, dass das Diagramm von einer einzigen Maschine bewältigt werden müsse, oder, was im Wirkungsgrad auf dasselbe herauskommt, dass das Diagramm von 2 oder mehreren Maschinen gedeckt werde, die zu jeder Zeit gleichmässig, d. h. proportional ihrer Nennleistung sich in die Leistung teilen. Der Fall wird praktisch kaum, oder dann nur bei kleinen separaten Anlagen vorkommen, ist aber als Vergleich sehr instruktiv.

Als extrem ungünstiger *Fall 1a* wurde noch untersucht, was sich ergäbe, wenn die Leistungen des Diagramms statt von einer, von 2 gleichen Maschinen aufgebracht würden, von denen jede für sich allein gross genug wäre.

Im Fall 2 wurde die wohl schon häufiger zutreffende Annahme gemacht, dass das Diagramm von 2 Maschinen (oder 2 Werken mit gleichartigen Maschinen) zu decken sei, von denen jede in den Spitzenzeiten um 10 % überlastet werde. Die eine Maschine liefert bei Vollast die Grundlast und einen ihrer Ueberlastungsfähigkeit entsprechenden Anteil an der Spitze. Die zweite Maschine übernimmt die inkonstante Leistung. Der Fall dürfte dem Zusammenwirken eines Laufwerkes mit einem Akkumulierwerk entsprechen, wobei die erste Maschine (das Flusswerk) nicht ganz ausreicht, die nachts auftretenden Leistungen voll zu decken. Die kleinen, kurzzeitigen Ueberbelastungen der Grundlastmaschinen sind wohl in den meisten Fällen möglich und daher offenbar üblich, und zwar auch ohne wesentliche Verluste, wenn man darauf achtet, dass die Stauhöhe in dieser Zeit nicht merkbar sinkt.

Der Fall 3 entspricht ungefähr dem Fall 2, wobei aber grössere Maschinenleistungen benützt werden, die zusammen rund 10 % mehr leisten als die zu deckende Spitzenleistung beträgt. Diese Bemessung ermöglicht, die Grundlast ganz durch die eine Maschine (das Laufwerk) zu decken und die ganze Spitzenbelastung der zweiten Maschine (dem Akkumulierwerk) zuzuteilen.

Endlich behandelt *Fall 4* wiederum die Deckung des Bedarfes durch 2 etwas zu grosse Maschinen, wie in Fall 3, wobei aber die Gesamtleistung ausser in den Zeiten niedriger Belastung stets gleichmässig auf beiden Maschinen verteilt ist. Der Fall, der das Optimum der untersuchten darstellt, entspricht



Fall 1 und 1a. Eine Maschine, überlastet in der Spitzenzeit (doppelt schraffiert).

Fall 2. Zwei Maschinen (oder Werke), jede in der Spitzenzeit überlastet (doppelt schraffiert).

Fall 3. Zwei Maschinen (oder Werke), nicht überlastet; die eine übernimmt die Grundlast, die andere die Spitzen.

Fall 4. Zwei Maschinen (oder Werke) mit gleichmässiger Verteilung der Gesamtlast.

Fig. 1.
Belastungsdiagramme eines Wintertags.

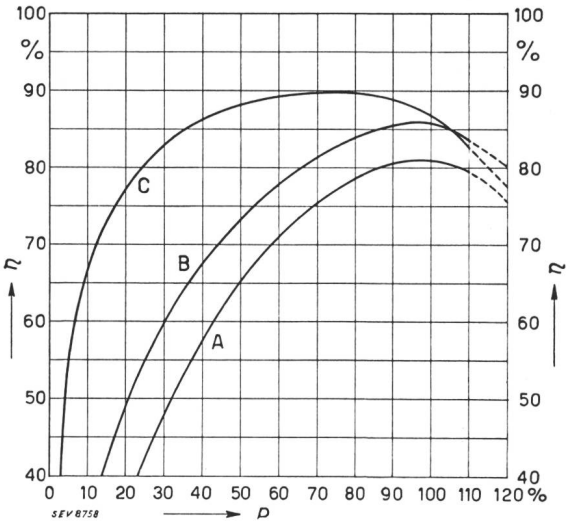


Fig. 2.
Wirkungsgradkurven (η) von Turbinen-Generator-Gruppen in Funktion der Belastung *P*.
A Aeltere Francis-Turbine.
B Modernere Francis-Turbine.
C Modernste Kaplan-Turbine.

etwa der Kombination eines Hochdruck-Akkumulierwerkes mit einem Niederdruck-Tagesakkumulierwerk, welches gestattet, kleinere Energieüberschüsse, die im Laufe des Tages entstehen, verlustlos auf andere Tageszeiten zu übertragen.

Natürlich sind noch viele *Kombinationen* möglich; herausgegriffen wurden die Fälle, wo Maschinen vom Typ A mit solchen vom Typ C zusammenarbeiten. Wie man im praktischen Betrieb ja immer wird versuchen müssen, wurden dabei Maschinen mit möglichst konstantem Wirkungsgrad für die Spitzenbelastung, diejenigen mit einem ausgesprochenen Maximum für die Dauerbelastung benützt.

Auf Grund der oben festgelegten Annahmen wurden nun die mittleren (gewogenen) Tageswirkungsgrade ermittelt und in Tabelle I zusammengestellt.

Tageswirkungsgrade η_m bei verschiedenen Maschinentypen und verschiedener Lastverteilung.

Tabelle I.

Belastungsfall (Fig. 1)	Typ A %	Typ B %	Typ C %
max. Wirkungsgrad	81,5	86,0	90,0
bei Vollast	81,0	85,5	86,5
	η_m	η_m	η_m
1	76,0	81,4	87,5
1a	56,7	66,9	85,7
2	69,0	76,5	84,1
3	75,3	81,1	86,5
4	75,9	85,2	88,0
	Kombination Typ A–C %		
2a	81,8		
3a	83,1		

Aus dieser ergibt sich zunächst, dass trotz der relativ geringen Differenzen zwischen den einzelnen Typen in den maximalen Wirkungsgraden, bzw. in den Wirkungsgraden bei 100 % Belastung, die massgebenden Tageswirkungsgrade doch stark variieren.

Der Wert in Fall 2 mit Maschinentyp A gegenüber demjenigen in Fall 4 mit Maschinentyp C (der überhaupt der günstigste ist) ergibt einen Wirkungsgradunterschied für den Tag von 69 zu 88 %, was soviel heisst, dass mit demselben Wasser (also Rohstoff!) im günstigeren Fall *27 % mehr Energie* erzeugt werden kann. (Der Fall 1a mit Typ A gegenüber Fall 4 mit Typ C ergibt sogar 55 %!) Dies stellt natürlich einen Extremfall dar, und es wäre gefährlich, daraus etwa schliessen zu wollen, dass die Energieabgabe nur durch bessere Ausnützung vorhandener Maschinen um 25 % gesteigert werden könnte. Immerhin ist festzustellen, dass auch innerhalb des gleichen Falles (Zeilen der Tabelle) und innerhalb der gleichen Art Maschine (Kolonnen der Tabelle) noch grosse Variationen auftreten, die den Betriebsleiter veranlassen müssen, *nach den gegebenen Möglichkeiten* sich die beste Betriebsart herauszusuchen und zu errechnen, denn es darf doch daran erinnert werden, dass heute noch die Gesamtenergieabgabe für elektrisches Kochen nur etwa 3 % der Energieabgabe für allgemeine Zwecke beträgt und dass es unseres Erachtens möglich ist, durch weitergetriebene Rationalisierung des Betriebes eine Verbesserung und damit eine Erhöhung der Energieabgabe von über 3 % zu erreichen; das würde aber nur für das Winterhalbjahr gegen 100 Mill. kWh Gewinn bedeuten an Energie, über deren Unterbringung sicher nicht lange diskutiert werden müsste! Es lohnt sich also bestimmt, das Problem der rationellen Betriebsführung in der gekennzeichneten Richtung zu prüfen und zu untersuchen. Dabei ist es natürlich kaum möglich, allgemeine Richtlinien anzugeben. Der Vergleich von Fall 2 zu Fall 3 aber zeigt immerhin deutlich, dass es rationeller ist, nicht darauf zu tendieren, die Maschinen immer mit Vollast laufen zu lassen. Das deckt sich glücklicherweise im allgemeinen mit der weitverbreiteten Tendenz der Betriebsleiter, immer etwas «laufende Maschinenleistung» in Reserve zu haben, schon damit die Regulatoren richtig spielen können.

Dass aber diese Tendenz nicht zu weit getrieben werden darf, zeigt der Fall 1a mit aller Deutlichkeit; er liegt aber sonst so sehr ausserhalb aller vernünftigen Ueberlegungen, dass er für die allgemeinen Betrachtungen füglich wegfallen kann.

Dass es aber unter Umständen auch rationeller ist, seinen Maschinen auch kurzzeitig Ueberlastungen zuzumuten, zeigt sich darin, dass Fall 1, der doch auf den ersten Anblick infolge der starken Variationen der Belastungen ungünstig erscheint, gegenüber dem scheinbar günstigeren Fall 3 immer noch eine bessere Wasserausnützung ergibt.

Wie günstig sich geschickte Kombinationen von verschiedenen Maschinentypen auswirken können, zeigen die beiden letzten Zeilen der Tabelle, wo sich Wirkungsgrade finden, die ganz wesentlich günstiger sind, als die für den Typ A allein in Fall 2 und 3 gefundenen, sogar wesentlich günstiger als diejenigen für den bessern Typ B allein. Natürlich hat es keinen Sinn, in *Laufwerken* sich gross um den Wirkungsgrad zu kümmern, solange, wie im Sommer, die zufliessende Wassermenge die Schluckfähigkeit der Turbinen übersteigt; in diesem Fall muss einfach gesucht werden, das Maximum der Leistung herauszubringen. Man darf aber dann den Zeitpunkt nicht verpassen, wo der Zufluss unter die Schluckfähigkeit sinkt, denn in diesem Moment wird die Wirkungsgradfrage so akut, wie sie bei den Saisonakkumulierwerken *dauernd* sein muss, weil ja dort jeder ersparte Kubikmeter Wasser wieder Verwendung findet. In diesem Zusammenhang sei auch an die nicht unbedeutende Energiequelle im Winter erinnert, die darin besteht, dass *alle* kleinen und kleinsten Laufwerkanlagen, die mechanisch oder elektrisch mit den Ueberlandnetzen parallel laufen, auch ausser der normalen Betriebszeit vollbelastet bleiben und ihre Energie ins Netz zurückliefern; die Unzukömmlichkeiten, die damit besonders bei Asynchronmotoren, die dabei Blindenergie aufnehmen, verbunden sind, muss man in Kauf nehmen.

Jedenfalls geht aus der gemachten Untersuchung das eine hervor, dass den Betriebsleitern die Eigenschaften ihrer Maschinen und das jeweilen zu dek-

kende Tagesdiagramm so genau wie möglich bekannt sein müssen, wenn sie ihre Dispositionen treffen. Da, wo diese Eigenschaften noch nicht oder nicht genügend bekannt sind, ist es höchste Zeit, sie in den nächsten Wochen durch Wirkungsgradmessungen noch festzustellen, damit man mit gutem Gewissen in die Periode der Energieknappheit eintreten kann. Instrumente und sachkundiges Personal für einwandfreie elektrische Messungen stehen ja bei der Materialprüfanstalt des SEV zur Verfügung. Wenn dabei etwas mehr versucht, überlegt und gerechnet werden muss als bisher üblich war, so ist das gewiss kein Schaden, denn diese Arbeit lohnt sich 10- und 100fach, kann man doch nicht genug betonen, dass jede Kilowattstunde gewonnene Energie für uns einen volkswirtschaftlichen Gewinn bedeutet. Dabei ist nicht zu vergessen, dass sich solche Wirkungsgradverbesserungen nicht nur in der Energie, sondern auch analog in den verfügbaren Leistungen auswirken, dass also mit den vorhandenen Maschinen entsprechend mehr Belastung übernommen werden kann.

2. Der Einfluss leerlaufender Maschinen

auf den Wirkungsgrad einer Energieabgabe scheint vorerst von besonders grosser Bedeutung zu sein, und es ist durchaus richtig, dass der Tendenz, zur Erreichung einer höheren Sicherheit möglichst viel Maschinen womöglich leer mitlaufen zu lassen, energisch entgegengearbeitet wird. Wohl ist bei Pelton- und bei guten Francis-Turbinen die Leerlaufwassermenge mit etwa 10 % klein. Sie steigt aber bei extremen Niederdruckanlagen und den sonst ja sehr guten Kaplanturbinen bis auf 25 und mehr Prozent der Vollast-Wassermenge. Nimmt man z. B. an, in dem oben genannten Beispiel laufe eine Maschine je 2 Stunden pro Tag leer mit, so ergibt das bei Maschinentyp A eine Verschlechterung des Wirkungsgrades von 0,5 %, bei Maschinentyp C eine solche von schon 1,2 %. Da es aber nicht wahrscheinlich ist, dass heutzutage noch ein vernünftiger Betriebsleiter Maschinen mehr als 2 Stunden lang leer mitlaufen lässt, so dürfte dieser Einfluss nicht von so grosser Bedeutung sein, wie es zunächst scheinen möchte. Da aber auch eine kleine Wirkungsgradverbesserung ihren Wert hat, wird man trotzdem darauf tendieren müssen, weitere Maschinen nur dann zuzuschalten, wenn wirklich das Bedürfnis dazu vorhanden ist und sie, wenn sie einmal zugeschaltet sind, sofort zu belasten und die Last auf die Maschinen zu verteilen.

3. Die eingesetzte Transformatorenleistung.

Wird man in Betrieben von selbst auf einen möglichst rationellen Einsatz der verfügbaren Maschinenleistung Wert legen, so gilt vielleicht das gleiche weniger für die *Transformatorenleistung*, weil man sich sagt, dass bei dem hohen Wirkungsgrad dieser Apparate, der manchmal 99 % überschreitet, der Einfluss nicht gross sein kann. In der Tat ergibt die Rechnung, dass unter Voraussetzung von Transformatoren mit einem Wirkungsgrad von 98 % bei Vollast der Tages-Wirkungsgradunterschied bei den untersuchten Fällen im Maximum 0,2 % beträgt, wenn man das gleiche Tagesdiagramm statt mit der einfachen mit der doppelten Transformatorenleistung, die dem Belastungs-Maximum entspricht, decken würde. Dagegen macht sich der Einfluss der Transformatoren in einem andern Sinne stärker bemerkbar, nämlich bei der Verteilseite. Bei der stark dezentralisierten Aufstellung der Verteiltransformatoren ist man gezwungen, deren Nennleistung ganz wesentlich über das zur Deckung der Gesamtspitze nötige Maximum anzusetzen. Wenn es auch heute niemandem mehr einfallen wird, die in einem Verteilnetz angeschlossene Transformatorenleistung gleich dem Anschlusswert zu setzen, so muss doch infolge des nicht gleichzeitigen Auftretens der Belastungen und der starken Schwankungen derselben zu den verschiedenen Tages-, Wochen- und Jahreszeiten weit mehr Transformatorenleistung eingeschaltet sein und bleiben als dem optimalen Wirkungsgrad entspricht. Auch werden häufig, z. B. nachtsüber, unnötig angeschlossene Transformatoren der Einfachheit halber nicht abgeschaltet; und häufig besteht auch die unbegründete Furcht vor Ueberhitzung von Transformatoren, die einmal einige Stunden mit 10...20 % über ihre Normallast belastet werden, sich aber nachher wieder abkühlen können.

Einige Anhaltspunkte über diesen Einfluss geben folgende Ueberlegungen.

Bei einem Leerlauf*strom* des Transformators von 10% des Vollaststromes verschlechtert sich der $\cos \varphi$ an der Erzeugerstelle gegenüber demjenigen an der Verbraucherstelle durch den Transformator, und zwar wenn die Transformatorleistung der Verbraucherleistung entspricht

bei $\cos \varphi_1$ am Verbraucher $= 1$ auf
$\cos \varphi_2 = 0{,}995$ am Erzeuger;
bei $\cos \varphi_1$ am Verbraucher $= 0{,}7$ auf
$\cos \varphi_2 = 0{,}68$ am Erzeuger,

also unbedeutend. Schon schlimmer sieht es aber aus, wenn die gleiche Energie bzw. Leistung mit der *vier*fachen Transformatorkapazität übertragen werden muss; dann verschlechtert sich nämlich der $\cos \varphi$ am Erzeuger von 1 auf 0,93 und von 0,7 auf 0,58. Da die Verluste in Prozenten mit dem Quadrat des sinkenden $\cos \varphi$ steigen, so liegt hier — ganz abgesehen vom Problem der Spannungsregulierung — ein nicht unbedeutender Einfluss der richtigen Wahl der Transformatorleistung. Auf unser Tages-Diagramm umgerechnet, ergibt sich z. B., wenn statt der einfachen die 4fache Transformatorleistung im Betrieb steht, bei einem $\cos \varphi$ von 0,7 am Verbraucher und einem Leitungsverlust von 5 % eine Erhöhung des Verlustes von 2,0 auf 5,1 %, also immerhin eine Grösse, die auf die Dauer ins Gewicht fällt. Es muss also darnach gestrebt werden, dass die Energien und Leistungen mit einem Minimum von Transformatoren in den Verteilpunkten übertragen werden können, eine Tatsache, die übrigens nicht neu ist, aber selten gewürdigt und befolgt werden kann; wo es aber möglich ist, sollten in den Verteilnetzen überflüssige Transformatoren in den belastungsarmen Zeiten immer abgeschaltet werden.

4. Der Einfluss des Leistungsfaktors cos φ, mit der eine gegebene Energie erzeugt, bzw. übertragen werden muss, ist bekannt; er wurde auch im Beispiel unter 3 bereits erwähnt, sei hier aber doch nochmals ausdrücklich in Erinnerung gerufen. Dieser Einfluss macht sich schon auf den Wirkungsgrad der Generatoren, dann aber besonders auf denjenigen der Transformatoren und der Uebertragungsleitungen stark bemerkbar. Wie schon erwähnt, steigen die Verluste einer Uebertragung mit dem Quadrat des fallenden cos φ, d. h. man hat bei cos φ 0,7 die doppelten Verluste wie mit cos φ = 1. Es erübrigt sich wohl, hiefür auch Beispiele durchzurechnen. Die Tatsache allein wird den Betriebsleiter veranlassen, die Möglichkeiten zur Verbesserung des Leistungsfaktors auszunützen. Diese sind allerdings beschränkt, da ja der cos φ in erster Linie vom Verbraucher abhängt. Verbraucher mit notorisch schlechtem cos φ können und sollen durch statische Kondensatoren oder durch Umwandlung ungünstiger Asynchronmotoren in Synchronmotoren (die gleichzeitig den Vorteil konstanter Drehzahl haben!) verbessert werden. Die Verbesserung durch Reduktion der Transformatoren wurde schon erwähnt. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Eiseninduktionen in den Transformatoren nicht über das Normalmass zu steigern, mit andern Worten, sorgfältig über den Anschluss der Primärleitungen an die richtigen Transformatorenanzapfungen zu wachen. Die grosse kapazitive Leistung der Höchstspannungsleitungen und der Kabel haben zwar in letzter Zeit eine sehr fühlbare Entlastung der Generatoren der Grosswerke von induktivem Blindstrom gebracht. Für die Verteilnetze ist aber dadurch das Problem der Verluste nicht gelöst und nach wie vor muss es das Bestreben sein, dem Leistungsfaktor cos φ die ihm immer noch gebührende Beachtung zu schenken. So darf es vor allem nicht vorkommen, dass von zwei parallel arbeitenden Kraftwerken das eine mit Uebererregung, das andere mit Untererregung betrieben wird; solche Verhältnisse ergeben immer zusätzliche Verluste und zeugen von unsorgfältiger Betriebsführung, die sich heute niemand mehr leisten kann.

Zusammenfassend ergibt sich also, dass besonders durch rationellen Einsatz und sorgfältige Auswahl der Grösse und Belastung der einzusetzenden Maschinen kostenlos Energiemengen nutzbar gemacht werden können, die besonders im kommenden Winter ins Gewicht fallen, dass es sich aber auch lohnt, die übrigen technischen Einrichtungen der gesamten Energieverteilung sorgfältig zu überprüfen und zu überwachen, um unnötige Verluste zu vermeiden und die Produktion zu steigern.

Le dégivrage des lignes.

Considérations pratiques sur divers modes de chauffage.

Par *A. Maret*, Baden.

621.315.175

L'auteur indique d'abord, à l'aide d'un exemple, le mode de détermination de la puissance et de la durée de réchauffage d'une ligne givrée et trouve qu'un dégivrage rapide exige une puissance passablement plus élevée que celle qui est mise en jeu en service normal. Il passe ensuite en revue les divers modes de dégivrage usités en énumérant brièvement leurs désavantages dont le principal est, la plupart du temps, d'obliger à interrompre l'exploitation. Il suggère une autre méthode permettant de réduire la puissance de chauffe: le ***chauffage préventif*** *en cours de service. Le genre de courant qui conviendrait le mieux serait, comme l'a préconisé en son temps M. B. Jobin, le courant continu, la tension de chauffe ne dépendant que de la résistance de la ligne et non de sa réactance. L'auteur signale un couplage proposé par M. Jobin, permettant de faire circuler du courant continu à travers les transformateurs de service. Il propose également un couplage un peu plus simple pour ce même but. Il suggère de même l'emploi de deux bobines permettant de raccorder la source de courant continu en n'importe quel point d'une ligne aux deux extrémités du tronçon sujet au givre; il indique une formule servant à déterminer la puissance de ces bobines dont l'une est parcourue par une superposition de courant continu et de courant alternatif. Il établit ensuite un tableau comparatif des puissances des divers appareils de chauffage entrant en compte; une formule approchée donne la puissance de chacun d'eux. Enfin, il examine l'application de divers modes de dégivrage et de chauffage préventif à un réseau de distribution ramifié à 11 kV, puis à un réseau d'interconnexion bouclé à 20 kV et enfin à un réseau de transport de force à 130 kV.*

Il arrive à la conclusion que, si le dégivrage par mise en court-circuit ou circulation de courant est indiqué pour les lignes doubles, le chauffage préventif par courant continu, par contre, utilisant soit les transformateurs de service, soit des bobines de raccordement, est, au point de vue coût, tout à fait applicable aux lignes simples et permet seul soit d'opérer dans des conditions atmosphériques déterminées et relativement favorables, soit de ne pas interrompre l'exploitation, condition qui tend à devenir essentielle.

Anhand eines Beispiels wird eine Methode der Bestimmung von Leistung und Heizdauer beim Heizen einer rauhreifbehängten Freileitung angegeben. Ein rasches Abheizen des Rauhreifes verlangt eine wesentlich grössere Leistung als die, welche im normalen Betrieb übertragen wird. Die verschiedenen Abheizmethoden werden berührt; der wichtigste Nachteil der meisten ist, dass während der Heizung der Betrieb unterbrochen werden muss. Es wird auf eine andere Methode hingewiesen, die der ***vorsorglichen Heizung*** *während des Betriebes. Hiezu eignet sich, entsprechend dem Vorschlag von B. Jobin, am besten der Gleichstrom, da die Heizspannung nur vom Leitungswiderstand, nicht von der Reaktanz abhängt. Es wird auch auf eine Schaltung von B. Jobin hingewiesen, nach der der Gleichstrom durch in Betrieb stehende Transformatoren zirkuliert. Eine etwas einfachere Schaltung wird für den gleichen Zweck vorgeschlagen. Ferner wird die Anwendung von zwei Drosselspulen vorgeschlagen, die erlauben, die Gleichstromquelle an irgendeiner Stelle einer Leitung zwischen den Enden des rauhreifgefährdeten Teilstückes anzuschliessen. Die Leistung der beiden Drosselspulen wird bestimmt; durch die eine fliesst Gleichstrom und Wechselstrom. Es wird ferner eine Tabelle aufgestellt, in der die Leistungen der bei den verschiedenen Methoden zur Heizung nötigen Apparate vergleichbar zusammengestellt sind. Schliesslich wird die Anwendung der verschiedenen Abheizungsmethoden und der vorsorglichen Heizung bei einem Verteilnetz von 11 kV, bei einem Maschennetz von 20 kV und schliesslich bei einer Kraftübertragung von 130 kV untersucht.*

Der Autor kommt zur Schlussfolgerung, dass die Abheizung durch Kurzschliessen der Leitung oder durch Stromzirkulation für Doppelleitungen angezeigt ist. Dagegen ist die vorsorgliche Heizung bei Verwendung der vorhandenen Transformatoren oder von Anschlußspulen hinsichtlich Kosten auf die einfachen Leitungen durchaus anwendbar, und sie allein erlaubt, den Betrieb aufrechtzuerhalten, ein Vorteil, der zweifellos wichtig ist.