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: 74 (1983)

Heft: 4

Artikel: Technische Voraussetzungen und Bedingungen für den Anschluss von Wärmepumpen

Autor: O. Schär

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904763

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: 09.12.2025

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

Technische Voraussetzungen und Bedingungen für den Anschluss von Wärmepumpen

O. Schär

Die Netzrückwirkungen von Drehstrom-Kurzschlussankermotoren, wie sie im konventionellen Anwendungsfall und auch in Wärmepumpen zum Einsatz kommen, werden beschrieben. Weiter werden die VSE-Empfehlungen für den Anschluss von Wärmepumpenanlagen an das allgemeine Versorgungsnetz erläutert und ein Vorschlag für ein eventuelles zukünftiges Vorgehen unterbreitet.

L'article décrit les effets sur les réseaux des moteurs triphasés à induit en court-circuit, tels qu'ils sont utilisés de manière conventionnelle et aussi dans les pompes à chaleur. En outre, les recommandations de l'UCS pour le raccordement des installations de pompes à chaleur au réseau d'approvisionnement général sont discutées, et l'on soumet une proposition pour une futur développement éventuel.

Adresse des Autors
O. Schär, Bernische Kraftwerke AG, 3000 Bern 25.

1. Einleitende Bemerkungen

Der Brennstoffmangel während der beiden Weltkriege hat die als Insel mitten in den kriegführenden Ländern stehende Schweiz gezwungen, sich noch nach anderen Heizenergien als Holz und Kohle umzusehen. Während des Ersten und des Zweiten Weltkriegs wurden in der Schweiz bereits einige elektrisch betriebene Wärmepumpen zu Heizzwecken eingesetzt. Nach den Kriegen sind aber die Wärmepumpenheizungen aus wirtschaftlichen Gründen praktisch alle wieder ausser Betrieb gesetzt worden. Erst Anfang der siebziger Jahre begann man sich aus Gründen des Umweltschutzes wieder um die Wärmepumpenheizung zu interessieren. Als im Herbst 1973 die erste Ölkrise ausbrach, stand man am Anfang der Entwicklung der Wärmepumpenheizung für Wohnbauten.

Heute sind Massnahmen zur Lösung unserer Energieprobleme unumgänglich. Als eine Massnahme unter anderen steht die Wärmepumpe im Vordergrund.

Die Wärmepumpe ist ein Aggregat zur Dosierung des Exergiegehalts entsprechend dem Verwendungszweck der Energie. Mit ihr entnehmen wir der Umwelt Anergie und führen dieser, in der Regel mit Hilfe des mechanischen Kompressors, die notwendige Exergie zu. Damit wird die Wärmepumpe zu einer nicht vernachlässigbaren Komponente zur Lösung unserer Energieprobleme.

Zum Antrieb der Wärmepumpenkompressoren wird der hervorragenden Qualitäten wegen fast ausnahmslos der Drehstrom-Kurzschlussankermotor eingesetzt. Durch die Verbreitung der Wärmepumpenheizung werden somit die Elektrizitätswerke stark tangiert, vorwiegend durch die Netzrückwirkungen bei Anlauf und Betrieb der Verdichtermotoren. Die Wärmepumpenheizungen werden uns in dieser Beziehung noch einige Probleme aufgeben. Die energetisch positiven Seiten der Wärmepumpe sollen uns aber veranlassen, den Anschluss von Wärmepumpen im Rahmen des Möglichen zu gestatten.

In den folgenden Abschnitten werden die Netzrückwirkungen bei Anlauf und Betrieb konventioneller motorischer Anwendungen mit Anlauf und Betrieb von Wärmepumpenheizungen im Wohnungsbau verglichen und die Netzrückwirkungen von Wärmepumpenheizungen etwas näher untersucht. Die vom VSE herausgegebenen ersten Empfehlungen über technische Voraussetzungen und Bedingungen für den Anschluss von Wärmepumpen werden zusammengefasst erwähnt und diskutiert. Zum Schluss werden weitere vorgesehene und notwendig werdende Schritte zur Anpassung der Anschlussbedingungen für Wärmepumpen angedeutet.

2. Netzrückwirkungen von Drehstrom-Kurzschlussankermotoren im konventionellen Anwendungsfall

Die Entwicklung des Drehstrom Kurzschlussankermotors kann als abgeschlossen betrachtet werden. Im Regelfall ist die vom Anlaufstrom eines Drehstrom-Kurzschlussankermotors verursachte rapide Spannungsabsenkung noch die einzige störende Netzrückwirkung. Störend wirken sich diese Absenkungen praktisch nur in Beleuchtungsanlagen aus. In Sonderfällen, zum Beispiel beim Antrieb von Gattersägen, können sich als Folge der Belastungsschwankungen Stromschwebungen bilden, welche die Spannung beeinflussen und damit in Beleuchtungsanlagen äusserst störend wirken. Mit einer wirksamen Schwungmasse auf der Motorenwelle können diese Störungen praktisch eliminiert werden. Der Oberwellengehalt des Stroms von Drehstrom-Kurz-

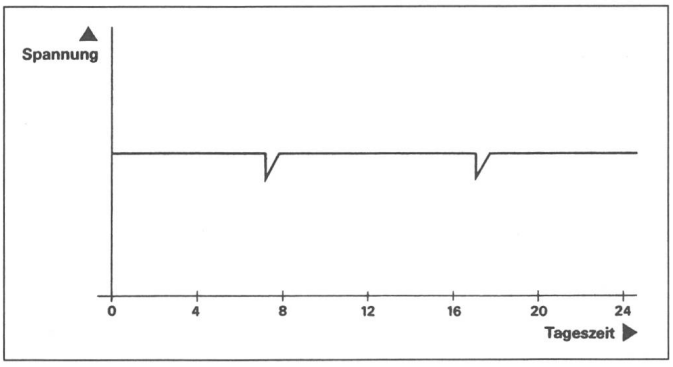

Fig. 1 Relativ kleine Einschalthäufigkeit eines Landwirtschaftsmotors

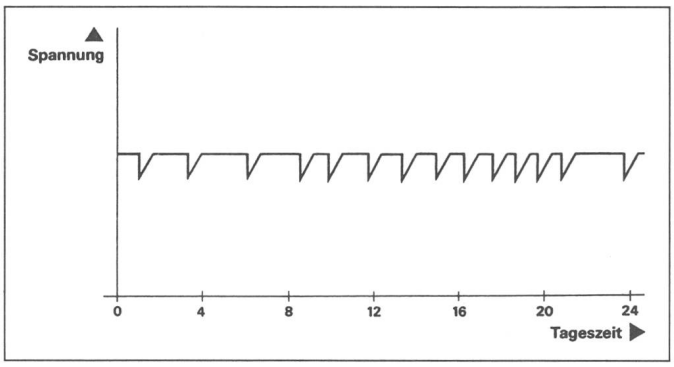

Fig. 2 Relativ grosse Einschalthäufigkeit einer Wärmepumpe

schlussankermotoren ist heute auf ein tragbares Mass reduziert.

Drehstrom-Kurzschlussankermotoren mit Leistungen zwischen 3 und 10 kW, wie sie heutzutage zum Antrieb von Verdichtermotoren für Wärmepumpenheizungen eingesetzt werden, sind schon seit bald 100 Jahren in Betrieb. Sie waren bis heute vorwiegend der Industrie, dem Gewerbe und der Landwirtschaft für den Antrieb von Maschinen vorbehalten.

Die Industrie wird fast ausnahmslos über separate Transformatorenstationen versorgt, was verhindert, dass die beim Anlauf von Motoren verursachten Rückwirkungen im allgemeinen Niederspannungsnetz stören.

Das Gewerbe und die Landwirtschaft sind ans allgemeine Niederspannungsnetz angeschlossen. Das Gewerbe schaltet seine Motoren gelegentlich ein und dies zum grössten Teil während der Taghelle oder bei Tag- und bei Nachtanbruch, einer Zeit, da man noch nicht gemütlich bei trautem Licht in der guten Stube sitzt. Zu denselben Tageszeiten und vorwiegend im Sommer werden die Elektromotoren in der Landwirtschaft mit ebenfalls kleinen Einschaltfrequenzen betrieben (Fig. 1).

Motoren im Gewerbe und in der Landwirtschaft treiben meistens direkt eine Maschine an und arbeiten somit beim Anlauf gegen ein relativ grosses Schwungmoment. Die Spannungsabsenkungen beim Anlauf dauern daher verhältnismässig lange. Man kann dabei in Beleuchtungsanlagen mit blossem Auge zwischen einem grossen und einem kleinen Anlaufstrom unterscheiden.

Die bislang angewendeten Normen für den Anlauf von Elektromotoren – bis 3 oder 4 kW Direktanlauf, darüber der Anlauf mit reduziertem Anlaufstrom, nicht grösser als das 2,5fache des Nennstroms – genügen in der Regel bei kleinen Anlauffrequenzen und Anläufen, die praktisch nur während der Taghelle stattfinden, zur Verhinderung untragbarer Netzrückwirkungen in Beleuchtungsanlagen.

3. Die Netzrückwirkungen von Wärmepumpen

Die Wärmepumpe ist eine neue und wird eine verbreitete Anwendung des Drehstrom-Kurzschlussankermotors. Damit dringt der Drehstrom-Kurzschlussankermotor mit Leistungen von einigen Kilowatt in den Haushalt ein, aber nicht als Motor, der gelegentlich während der Tageszeit eingeschaltet wird, sondern als Motor mit relativ kurzen Einschaltintervallen rund um die Uhr, vorwiegend während der kurzen Wintertage und auch abends.

Je grösser die Zahl der installierten Wärmepumpen wird, desto mehr stellt man fest, dass die Anlaufströme, trotz ihrer Begrenzung auf das Mass der geltenden Normen, als Folge der grossen Häufigkeit der von ihnen verursachten Lichtintensitätsschwankungen störend wirken (Fig. 2). Man kommt daher immer mehr zum Schluss, dass die bisherigen Normen für die Begrenzung der Anlaufströme von Elektromotoren nicht ohne weiteres für die Wärmepumpenmotoren Geltung haben können. Man wird sich bald einmal gezwungen sehen, zur Verhinderung der störenden Spannungsabsenkungen bei Wärmepumpenanläufen andere Wege als die bisherigen zu gehen, dies um so mehr, als dass zufolge der kleinen Schwungmomente der meistens verwendeten Verdichter die Anlaufzeit auf 3 bis 4 Hundertstelsekunden begrenzt ist, womit man von blossem Auge einen Anlauf mit grösserem oder kleinerem Anlaufstrom kaum mehr feststellen kann.

Eine weitere Netzrückwirkung, die störend wirken kann, ist die Grundwelle des Stroms mit Frequenzen von einigen Hz, hervorgerufen durch die ungleichmässige Belastung der Antriebsmotoren von Kolbenverdichtern mit nur einem Zylinder oder mit zwei Zylindern in V-Form. Es sind Grundwellen, die bis 25% des Nennstroms erreichen und demzufolge, insbesondere in Landnetzen mit kleinen Kurzschlussleistungen, untragbare Spannungsschwankungen verursachen können (Fig. 3).

Die Entstehung dieser Grundwellen beim Betrieb eines Kompressors mit einem Zylinder und einer Drehzahl von 2800 Touren pro Minute hat folgende Ursache: Wenn der Kompressor synchron, das heisst mit 3000 Touren pro Minute dreht, so wird er pro Periode eine Umdrehung machen. Während einer Halbperiode ist er als Folge der Druckerzeugung im Zylinder voll belastet, und während der anderen Halbperiode dreht er praktisch leer. Deshalb ist der Strom während einer Halbperiode grösser als während der anderen, das heisst, es besteht eine Gleichstromkomponente, die einen asymmetrischen Verlauf der Sinuskur-

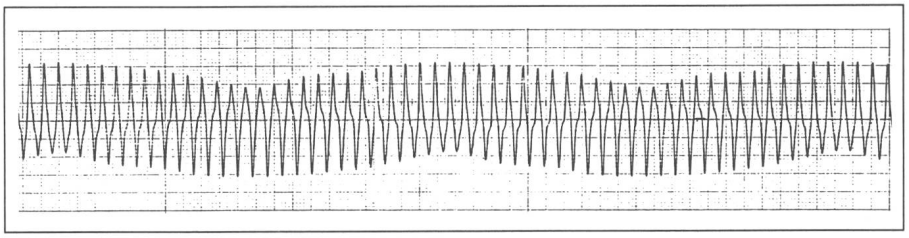

Fig. 3 Der Grundschwingung von einigen Hz überlagerter 50-Hz-Strom eines Kompressormotors einer Wärmepumpe

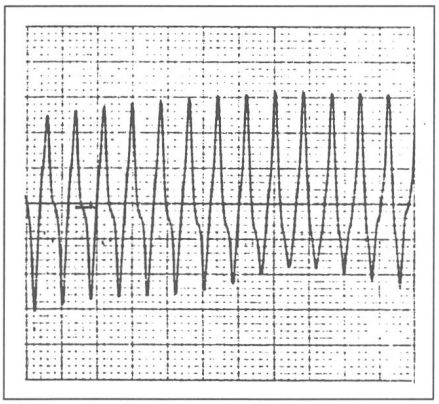

Fig. 4 Asymmetrischer Verlauf der Stromkurve eines Kompressormotors mit gut sichtbarer Deformation der Kurve

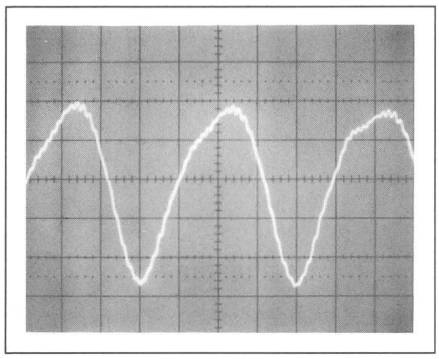

Fig. 5 Oberwellen des Stromes eines Kompressormotors, verursacht durch Ungleichheiten im magnetischen Kreis von Stator und Rotor (Nutenharmonische)

ve des Stroms zur Null-Linie verursacht (Fig. 4).

Da aber der Rotor des DrehstromKurzschlussankermotors um den Schlupf langsamer dreht als das synchrone Drehfeld des Stators, verändert sich diese Störkomponente, je nach Schlupf des Rotors, in eine Grundwelle des Stroms von 3 bis 5 Hz. Dieser Grundwelle ist der 50-Hz-Strom überlagert.

Diese langsamen Stromschwankungen können in empfindlichen Netzen Spannungsänderungen verursachen, die in Beleuchtungsanlagen störend wirken. Diese Grundwellen verursachen empfindliche Spannungsänderungen, wenn zufällig, auch nur während kurzer Zeit - wobei die Wahrscheinlichkeit sehr klein ist - die Grundwellen mehrerer an demselben Strang angeschlossener Verdichter in Phase schwingen.

Diese ungleiche Belastung des Antriebsmotors einer Kolbenmaschine verursacht aber nicht nur eine Asymmetrie der Sinuskurve des Stroms in bezug auf die Null-Linie, sondern bei jedem Durchgang der Kurbelwelle durch einen Totpunkt einen Knick in der Sinuskurve. Die dadurch verursachten Oberwellen können sich auf die Netzkommandoempfänger ungünstig auswirken.

Magnetische Ankerrückwirkungen bei Drehstrom-Kurzschlussankermotoren, hervorgerufen durch konstruktive Unzulänglichkeiten in den magnetischen Kreisen des Stators und des Rotors, verursachen oft Stromoberwellen mit Frequenzen von über 1000 Hz. Diese können sich in Netzpunkten mit kleiner Kurzschlussleistung ungünstig auf den Betrieb der Netzkommandoempfänger auswirken. Es scheint, dass bei den Hauswärmepumpen diese Nutenharmonischen wieder mehr in Erscheinung treten (Fig. 5).

Die von einer Wärmepumpe produzierten Oberwellen führen dazu, dass die Stromkurve eines Kompressormotors im Vergleich zur Sinuskurve deformiert wird (Fig. 6). Diese Entwicklung muss im Auge behalten werden, damit später bei einer grösseren Anzahl installierter Wärmepumpen keine untragbaren Netzrückwirkungen auftreten.

Eine oberflächliche Betrachtung der vorerwähnten Netzrückwirkungen könnte zur Annahme verleiten, dass die Installation von Wärmepumpen mit Kompressormotorenleistungen von einigen Kilowatt den Netzen nicht zumutbar sei. Etwas gründlicher betrachtet, sieht es aber nicht ganz so schlimm aus.

Die Anlaufströme schaffen einige Probleme, und man wird nicht darum herumkommen, sie so zu steuern, dass sie in Beleuchtungsanlagen mit dem Auge überhaupt nicht mehr wahrnehmbar sind. Die Grundschwingungen sowie die Oberwellen haben bis heute nur selten störende Netzrückwirkungen verursacht. Es muss aber trotzdem versucht werden, diese Kurvenverzerrungen zu reduzieren, denn es ist damit zu rechnen, dass in den Netzen vermehrt Wärmepumpen installiert werden und damit die Gefahr besteht, dass die Einflüsse einer grossen Zahl von Wärmepumpen zusammen für ein Verteilnetz nicht mehr zulässig sind.

4. Empfehlungen des VSE für den Anschluss von Wärmepumpenanlagen an das Netz des Elektrizitätswerks

Es war nicht möglich und wird auch in einem nächsten Schritt nicht möglich sein, alle Probleme, die der Anschluss von Wärmepumpen stellt, zu lösen und dann entsprechende, für lange Zeit gültige Vorschriften herauszugeben. Der VSE hat daher im Dezember 1981 in einem Merkblatt erste Empfehlungen für den Anschluss von Wärmepumpenanlagen an das Netz des Elektrizitätswerks herausgegeben. Diese Empfehlungen haben provisorischen Charakter. Das Merkblatt zeigt den Verantwortlichen in einem Elektrizitätswerk, was sie zur Beurteilung eines Anschlussgesuchs und zum Anschluss einer Wärmepumpe beachten müssen.

Das Merkblatt weist zuerst auf die Vorschriften hin, die in bezug auf den elektrischen Anschluss, die elektrische Installation und den Betrieb elektrischer Anlagen zu beachten sind. Danach werden die verschiedenen Wärmepumpenheizungssysteme erläutert.

Die *monovalente Wärmepumpenheizung* braucht für ihren Betrieb nur elektrische Energie. In diese Kategorie fallen folgende Kombinationen:

- der Wärmepumpenboiler zur Brauchwarmwassererwärmung mit

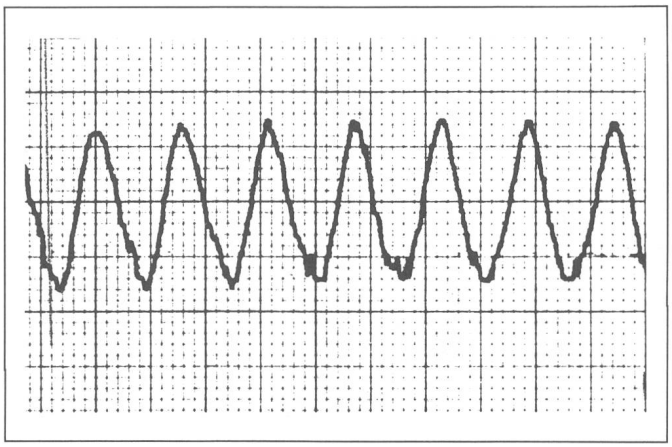

Fig. 6 Resultierende Stromkurve eines Kompressormotors einer Wärmepumpe

und ohne Zusatzheizung. Die Leistung der Verdichtermotoren liegen zwischen 500 und 1000 W. Die von ihnen ausgehenden Netzrückwirkungen sind von untergeordneter Bedeutung;
- die Wärmepumpe für Raumheizung ohne besonderen Speicher;
- die Wärmepumpe für Raumheizung mit Speicher zur Verbesserung der Regelung der Wärmepumpe und zur Reduktion der Anlaufhäufigkeit. Als Speicher fallen der Fussboden oder ein Kesselspeicher in Betracht;
- Wärmepumpen für Raumheizung in Kombination mit elektrischer Zusatzheizung.

Die *bivalente Wärmepumpenheizung* benützt zum Betrieb der Wärmepumpe elektrische Energie, und für kältere Tage steht eine Heizung zur Verfügung, die mit einem lagerfähigen Brennstoff betrieben werden kann. Dabei werden zwei Betriebsarten unterschieden.
- Der Alternativbetrieb:
  Die Wärmepumpe übernimmt die Heizung bis zu einer Grenztemperatur von zum Beispiel 0 °C. Sinkt die Aussentemperatur unter diesen Grenzwert, so wird die Wärmepumpe abgeschaltet, und die Brennstoffheizung übernimmt den vollen Betrieb.
- Der Parallelbetrieb:
  Die Wärmepumpe arbeitet auch an kälteren Tagen, wird aber von einer bestimmten Grenztemperatur an von einer Brennstoff-Zusatzheizung unterstützt.

Das Merkblatt sagt klar, dass eine Wärmepumpe nur angeschlossen werden kann, wenn das entsprechende Verteilnetz die erforderliche Leistung übertragen kann und wenn die Anlaufströme der Wärmepumpe nicht störend wirken. Es empfiehlt sich, den Anschluss von Wärmepumpen in Neubauten nur zu gestatten, wenn sie mindestens den SIA-Empfehlungen entsprechend thermisch isoliert sind.

Zur Reduktion der erforderlichen elektrischen Leistung zum Antrieb der Wärmepumpen sollten bivalente Systeme bewilligt werden.

Müssen Massnahmen zur Verhinderung von unzulässigen Netzrückwirkungen getroffen werden, so gehen diese zu Lasten des Anlageeigentümers.

Weiter ist angegeben, dass bei Anlagen mit Speicher am Verknüpfungspunkt die Spannungsabsenkung beim Anlauf nicht grösser als 3% sein sollte und bei Anlagen ohne Speicher höchstens 2%.

Mit der Begrenzung der Spannungsabsenkungen beim Anlauf besteht die Möglichkeit, auch ausserhalb der heute geltenden Anlaufregeln Wärmepumpen anzuschliessen. Steht in einem Verteilnetz die notwendige Kapazität zur Übertragung der von der Wärmepumpe geforderten Leistung zur Verfügung, so ist über die Kurzschlussleistung am Verknüpfungspunkt der höchstzulässige Anlaufstrom zu berechnen. Sowohl zur Berechnung der Kapazitätsreserven des Netzes als auch zur Berechnung des zulässigen Anlaufstroms stehen heute programmierbare Kleinrechner zur Verfügung, die sehr einfach zu handhaben sind und die Durchführung der Berechnungen in sehr kurzer Zeit erlauben.

Zur Verhinderung störender Netzrückwirkungen beim Anlauf von Wärmepumpen sehen die Empfehlungen die Begrenzung der Anlaufströme sowie die Begrenzung der Anlaufhäufigkeit vor. Kann ein Verdichtermotor nicht direkt eingeschaltet werden, so wird empfohlen, bei grösseren Motoren einen Anlasstransformer oder bei entlastetem Anlauf die Sterndreieck-Schaltung anzuwenden. Bei kleineren Anlagen kann der Widerstandsanlasser im Statorkreis eingesetzt werden. Pro Stunde sollten nicht mehr als vier Anläufe stattfinden.

Sind in einer Anlage mehrere Verdichtermotoren installiert, so sind diese derart miteinander zu verriegeln, dass sie nicht gleichzeitig anlaufen können. Zur Verschachtelung des Anlaufs mehrerer Anlagen kann das Werk einstellbare Einschaltverzögerungen verlangen.

Treten in Wärmepumpenanlagen Netzrückwirkungen auf, die störend wirken, so kann das Elektrizitätswerk auf Kosten des Eigentümers der Anlage den Einbau entsprechender Entstörungsmassnahmen fordern.

Das stromliefernde Werk kann in Wärmepumpenanlagen die Blindleistungskompensation vorschreiben.

Ein Formular «Anschlussgesuch für Wärmepumpenanlagen» ist aufgrund des Merkblatts ausgearbeitet worden. Auf diesem Formular sind alle Fragen gestellt, die notwendig sind, um die Wärmepumpenanlage zu beurteilen und die Anschlussmöglichkeiten abzuklären, um eventuelle Schutzmassnahmen gegen störende Netzrückwirkungen anzuordnen, um die Tarifierung vorzunehmen und zur Aufstellung einer Statistik.

Eine Arbeitsgruppe der Schweizerischen Kommission für Elektrowärme ist vom VSE beauftragt worden, die nötigen Vorarbeiten zur Ergänzung des Merkblatts mit präziseren Angaben und mit den neuesten Erkenntnissen in bezug auf die Verhinderung unzulässiger Netzrückwirkungen durchzuführen. Im Vordergrund stehen dabei die Bestimmung der Leistung eines Verdichtermotors einer Wärmepumpenanlage sowie die genauere Untersuchung und Festlegung der zulässigen Anlaufverhältnisse.

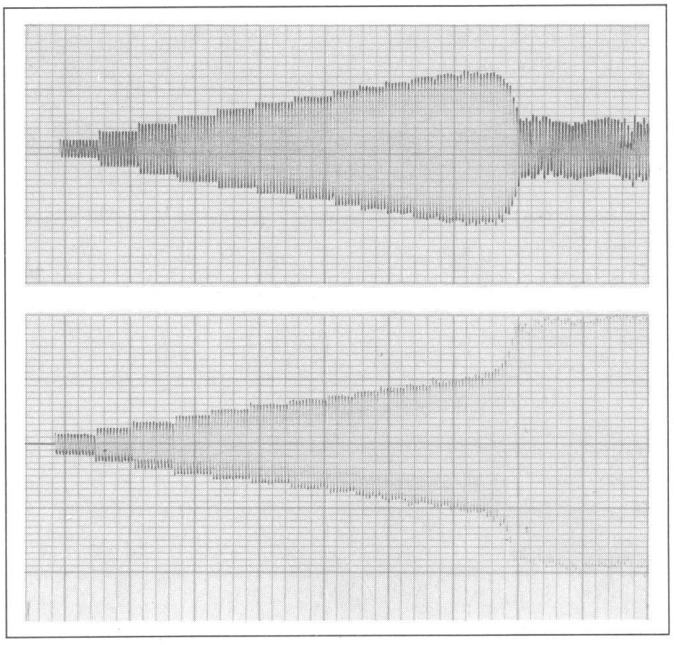

Fig. 7
Gesteuerter Anlauf einer Wärmepumpe mit langsamem Anstieg des Stromes zum Motor und langsamem Anstieg der Spannung an den Klemmen des Motors

Oben:
Stromstärke

Unten:
Spannungsverlauf

5. Schlussbemerkungen

Ein erster Schritt zur Regelung der Anschlussbedingungen von Wärmepumpen ist gemacht. Ein zweiter Schritt ist begonnen, und ein dritter könnte zum Beispiel in bezug auf den Anlauf von Wärmepumpen zu folgendem Vorgehen führen:

Es ist nicht der Absolutwert der Spannungsabsenkung, der beim Anlauf einer Wärmepumpe in Beleuchtungsanlagen störend wirkt, sondern die Steilheit der Spannungsabsenkung. Wenn man durch langsames Erhöhen des Anlaufstroms eines Motors bis zum Losbrechwert die Spannung nur langsam absinken lässt, so nimmt das Auge die Absenkung der Lichtintensität in einer Beleuchtungsanlage nicht mehr wahr (Fig. 7). Geräte, die es ermöglichen, den Anlaufstrom in dieser Weise zu steuern, sind bereits in Erprobung. Damit hätte der Anlaufstrom einer Wärmepumpe nur noch eine sekundäre Bedeutung.

Marche en parallèle de générateurs électriques avec les réseaux basse tension

M. Chatelain

Angesichts der intensivierten Diskussion um die Wärme–Kraft-Kopplung ist auch deren Parallelbetrieb zum Netz vermehrt in den Blickpunkt gerückt. Nachfolgend wird auf einige wichtige Gesichtspunkte des Parallelbetriebs, wie Erdung, Rückspannungen, Netz, Qualität und Sicherheitsaspekte hingewiesen.

Compte tenu de l'intensification de la discussion concernant le couplage chaleur-force, son exploitation en parallèle avec le réseau est également devenue actuelle. Dans ce qui suit, il est question de quelques aspects importants de l'exploitation en parallèle, tels que mise à terre, alimentation en retour, réseau, aspects de qualité et de sécurité.

Adresse de l'auteur

M. Chatelain, dipl. Ing. EPUL, Inspection fédérale des installations à courant fort, Seefeldstrasse 301, 8034 Zurich.

1. Introduction

De plus en plus il est envisagé de coupler des génératrices basse-tension en parallèle avec les réseaux de distribution. D'une part les propriétaires de groupe de secours, comme par exemple les banques, théâtres, hôpitaux, etc., doivent pratiquer un essai mensuel de soixante à nonante minutes pour garder leurs machines en bon état. Afin d'éviter l'encrassement du moteur Diesel d'entraînement, ces essais doivent être fait de préférence à charge nominale. Cette condition est relativement simple à remplir en couplant la génératrice avec le réseau. A ces utilisateurs viennent s'ajouter les producteurs de biogaz, comme par exemple les stations d'épuration des eaux, les entreprises agricoles, etc., et tous ceux qui veulent exploiter des groupes force-chaleur. Outre les problèmes électriques plusieurs autres conditions techniques doivent être remplies (par exemple diminution à un taux acceptable des vibrations mécaniques, du bruit, des gaz d'échappement, des charges thermiques, du danger d'incendie et de la pollution des eaux). Nous nous limiterons aux conditions électriques à observer pour coupler les génératrices avec le réseau de distribution.

2. Réseaux qualité et sécurité

Comme le démontre les statistiques, les pannes de réseau sont chez nous encore relativement rares. Il est indéniable que les réserves électriques diminuent de jour en jour, vu l'augmentation de la consommation et les controverses soulevées par la construction des centrales et lignes électriques. Il apparaît donc clairement qu'une alimentation sans panne sera à l'avenir de plus en plus difficile. Grâce à l'interconnexion des réseaux, la stabilité en tension et fréquence est actuellement encore excellente. Il faut à tout prix éviter que ces qualités se perdent par l'exploitation en parallèle des groupes de secours et des groupes force-chaleur. Il faut encore assurer la sécurité des personnes et éviter les dommages, tant dans les réseaux que dans les installations. Pour faciliter la tâche, l'Union des Centrales Suisses d'électricité (UCS) a publié des directives et une demande de raccordement type. Pour sa part, l'Inspection Fédérale des Installations à courant fort (IFICF) a édité une communication (STI 219.1081 d/f) comprenant les exigences particulières à respecter. Un exemple de couplage en parallèle de