

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 56 (1965)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Problèmes posés à l'électricien dans le cadre des aménagements de pompage  
**Autor:** Jaccard, D.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916361>

### **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:** 03.04.2026

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

# Problèmes posés à l'électricien dans le cadre des aménagements de pompage

Conférence donnée à l'Assemblée de discussion de l'ASE le 11 novembre 1964 à Zurich,  
par D. Jaccard, Lausanne

621.311.21 : 621.221.4

Les conditions de fonctionnement des groupes hydro-électriques classiques de production d'énergie sont en général bien connues; particulièrement le démarrage, la synchronisation et la mise en charge de ceux-ci s'opèrent «en douceur» si l'on peut dire, et n'entraînent de ce fait aucune contrainte particulière sur le réseau d'alimentation, pas plus d'ailleurs que sur les organes électriques de l'usine productrice. Il en est de même dans le cas où un groupe de production d'énergie est complété par une pompe et que la mise en vitesse du groupe en régime de pompage se fait par l'intermédiaire d'une turbine auxiliaire ou de la turbine principale.

L'apparition sur le marché ces dernières années de pompes-turbines reversibles, d'une puissance unitaire toujours plus élevée, a apporté avec elle un lot de problèmes nouveaux pour l'électricien qu'il peut être intéressant d'aborder brièvement. L'exposé qui va suivre n'a pas la prétention d'être complet, un tel sujet étant très vaste et l'évolution en cours se faisant de manière très rapide.

Il ne sera question ici que de groupes ne comportant pas d'organes hydrauliques de lancement donc pour lesquels l'énergie d'accélération en régime de pompage est prélevée directement du réseau d'alimentation.

## 1. Sollicitation du réseau d'alimentation et conséquences en ce qui concerne le mode de démarrage des groupes

Précisons tout d'abord que le mode d'entraînement utilisé habituellement en pareil cas consiste en un moteur-alternateur synchrone à pôles massifs ou avec cage d'amortissement.

Le démarrage en régime de turbinage s'opère en ouvrant progressivement la vanne principale, ce qui provoque la montée en vitesse du groupe. Dès que celle-ci atteint une valeur légèrement inférieure à la vitesse synchrone, l'alternateur est relié au réseau en mettant simultanément l'excitatrice en service. L'instant d'enclenchement étant correctement choisi, la synchronisation s'opère sans à-coups notables sur le réseau.

Pour le démarrage en régime de pompage à partir du réseau d'alimentation, diverses solutions sont possibles, dont le choix dépend de la puissance unitaire et de la vitesse des groupes, de la chute de tension admissible sur le réseau d'alimentation, ainsi que des caractéristiques du couple résistant de la pompe.

Particulièrement, la chute de tension momentanée admissible sur le réseau est une valeur déterminante puisque d'elle dépend le courant de démarrage qui pourra être toléré et par conséquent le système de démarrage qui devra être adopté. Cette chute de tension dépend évidemment du rapport entre la puissance du groupe qui doit être mis en mouvement et la puissance en jeu dans le réseau au moment du démarrage. En outre, il faut tenir compte de la distance entre l'usine de pompage et les barres de raccordement au réseau principal, ainsi que de la proximité d'autres consommateurs qui seront influencés par la chute de tension de démarrage.

### 1.1 Démarrage direct

Pour des groupes d'une puissance unitaire n'excédant pas 10 à 15 MW, l'enclenchement direct à pleine tension du

moteur représente la solution la plus simple et la plus économique.

Le démarrage se fait en régime asynchrone, la tension rotorique apparaissant durant l'accélération, étant limitée en court-circuitant l'enroulement d'excitation par une résistance extérieure de valeur appropriée, le choix de cette valeur ayant par ailleurs une influence sur les caractéristiques du couple disponible à l'arbre du moteur. Ce n'est qu'une fois que le glissement a atteint une valeur suffisamment faible (inférieure à 3 %) qu'il est possible d'exciter la roue polaire et que la synchronisation est rendue possible sans à-coups, grâce aux constantes de temps de la roue polaire et de l'excitatrice.

A l'instant de la mise sous tension du moteur, il se produit un fort appel de courant dont la valeur n'est limitée, en admettant une rigidité absolue du réseau d'alimentation, que par les réactances de la ligne, du transformateur abaisseur, ainsi que par la réactance de démarrage du moteur.

Les réactances de la ligne et du transformateur d'alimentation étant difficilement modifiables, et leur augmentation artificielle n'étant possible que dans des limites restreintes, il y a intérêt, pour limiter l'appel de courant, à augmenter le plus possible la réactance de démarrage du moteur.

La réactance  $X_a$  du moteur s'obtient en prenant la moyenne des réactances subtransitoires longitudinales et transversales  $X''_d$  et  $X''_q$ .

Il est certes possible, en modifiant la forme et la profondeur des encoches, en augmentant la largeur des pôles ou par d'autres artifices d'obtenir une augmentation de  $X_a$ , mais cela dans des limites assez restreintes.

En effet, en admettant une tension d'alimentation constante, la valeur du courant de démarrage est donnée par le rapport  $U_a/X_a$ . Or, le courant ne peut pas être abaissé en dessous de certaines limites compatibles avec le couple disponible à l'arbre du moteur, le couple étant lui-même proportionnel au carré du courant.

Il y a lieu de la sorte de rechercher un compromis, car le couple disponible doit avoir une valeur suffisante pour assurer le décollage rapide du groupe, ainsi qu'une accélération suffisamment vigoureuse et permettre enfin d'amener le groupe en régime asynchrone à une vitesse suffisante pour permettre la synchronisation correcte de celui-ci.

La fig. 1 se rapporte à un groupe de 9 MW à démarrage direct à pleine tension et dont le moteur est largement dimensionné.

La courbe 1 représente la valeur du couple exigé par la pompe, étant bien entendu que la valeur indiquée à vitesse nominale s'entend pour vanne fermée côté refoulement. La courbe 2 représente la valeur du couple disponible à l'arbre du moteur durant l'accélération. La courbe 3, obtenue par différence entre les courbes 2 et 1 indique la valeur du couple d'accélération. Celle-ci étant très importante, le démarrage est très rapide et la pleine vitesse est atteinte en 5 s.

On constate par ailleurs qu'en régime asynchrone, la vitesse acquise est très voisine du synchronisme, ce qui conduit à une synchronisation aisée.

La fig. 2 se réfère aux caractéristiques électriques des mêmes groupes. Au moment de la mise sous tension, celle-ci

33'633-641

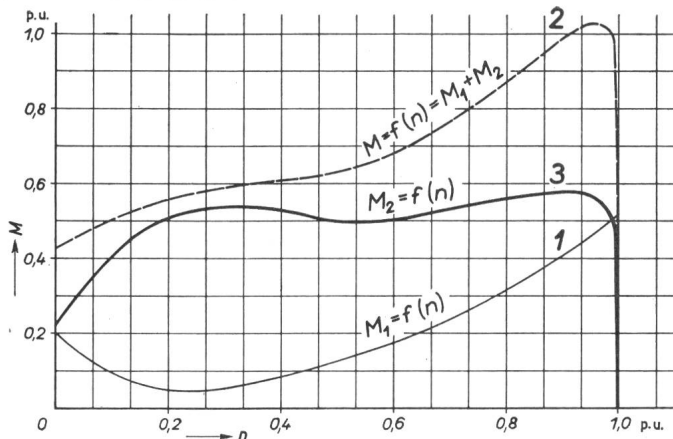


Fig. 1

Caractéristiques du couple pour groupe de pompage 9 MW à démarrage direct

$M$  Couple en valeur p. u.;  $n$  Vitesse du groupe en valeur p. u.;  
1 Couple résistant à l'arbre de la pompe; 2 Couple disponible à l'arbre du moteur; 3 Couple d'accélération

subit un affaiblissement qui est fonction de la rigidité du réseau ainsi que des réactances de la ligne et du transformateur d'alimentation. Dans le cas particulier, la baisse de 30 % par rapport à la valeur nominale s'explique par le fait du raccordement à un réseau momentanément peu puissant, ainsi que par une construction spéciale du transformateur

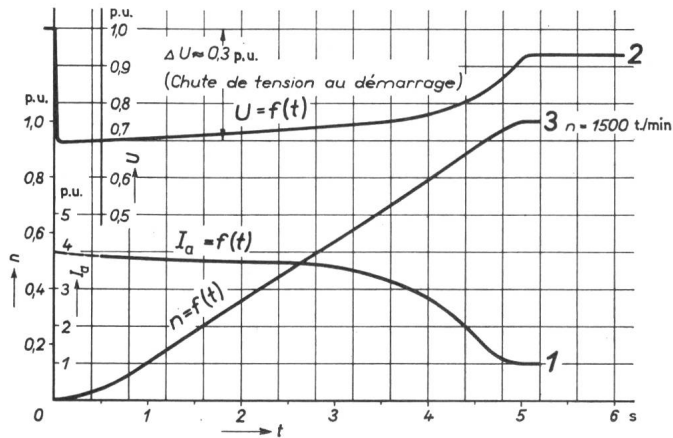


Fig. 2

Caractéristiques électriques pour groupe de pompage 9 MW à démarrage direct

$n$  Vitesse du groupe en valeur p. u.;  $I_a$  Courant de démarrage;  $U$  Tension aux bornes du moteur en valeur p. u.;  $t$  Temps d'accélération en secondes; 1 Courant de démarrage en valeur p. u.; 2 Tension aux bornes du moteur; 3 Vitesse du groupe

où la tension de court-circuit est plus élevée que normale, dans le but précisément de provoquer une baisse artificielle de la tension. La valeur moyenne du courant à l'enclenchement est à peu près 4 fois le courant nominal.

La fig. 3 représente le schéma unipolaire simplifié à l'extrême d'une installation comportant 3 groupes de 12 000 ch chacun.

### 1.2 Modification de la caractéristique du couple absorbé par la pompe-turbine

Comme cela est expliqué ci-dessus, l'appel de courant à l'enclenchement ne dépend que des caractéristiques électriques du système et est donc indépendant de la résistance mécanique accouplée à l'arbre du moteur. Toutefois, il est bien évident que lors du calcul, l'allure de la courbe du

couple résistant de la pompe est déterminante pour fixer les divers paramètres de la machine électrique. La courbe de couple résistant de la fig. 1 est évidemment défavorable pour des machines de grandes puissances, avec sa valeur voisinant 50 % à pleine vitesse, et conduit à partir d'une certaine puissance à l'impossibilité pratique d'assurer le démarrage à partir du réseau d'alimentation. Dans de telles conditions, il devient nécessaire de diminuer la valeur du couple résistant en procédant au dénoyage de la pompe, ce qui diminue le couple au voisinage du synchronisme à une valeur voisine

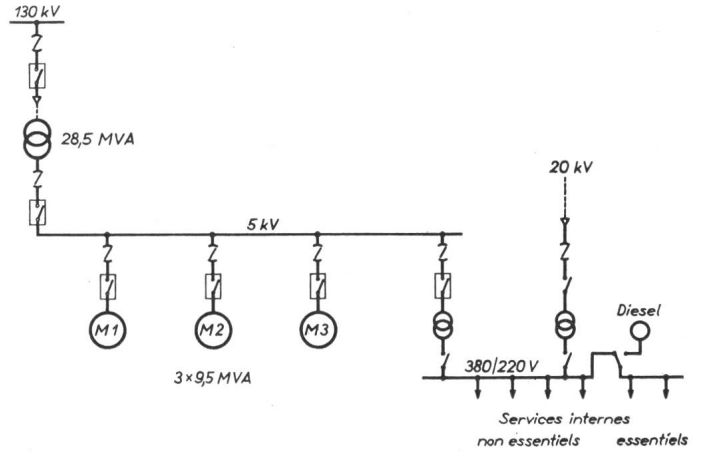


Fig. 3

Schéma unipolaire simplifié d'une usine comportant 3 groupes de 9 MW à démarrage direct

de 10 %, ainsi qu'en procédant éventuellement à l'injection préalable d'huile dans les paliers, ce qui réduit la valeur du couple de décollement. Cette méthode est utilisée de manière assez générale pour les groupes ayant une puissance trop élevée pour permettre leur démarrage direct à pleine tension.

### 1.3 Démarrage à tension réduite

C'est la méthode qui est généralement adoptée pour des machines dont la puissance se situe entre 15 et 40 MW. La réduction de tension est obtenue, soit par l'introduction d'une self en série avec l'enroulement du moteur, la self étant court-circuitée lorsque la machine atteint une certaine vitesse, soit par utilisation d'un auto-transformateur de démarrage

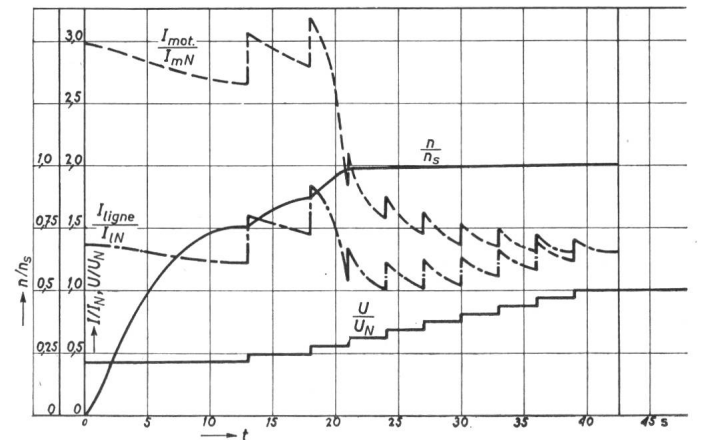


Fig. 4

Courants et tension de démarrage d'un groupe 16 MW démarré par transformateur à gradins

$n/n_s$  Vitesse du groupe en valeur p. u.;  $I/I_N$  Courants en valeur p. u.;  $U/U_N$  Tension aux bornes du moteur en valeur p. u.;  $I_{ligne}/I_N$  Courant côté 130 kV en valeur p. u.;  $I_{mot}/I_{mN}$  Courant aux bornes du moteur en valeur p. u.;  $t$  Temps d'accélération en secondes

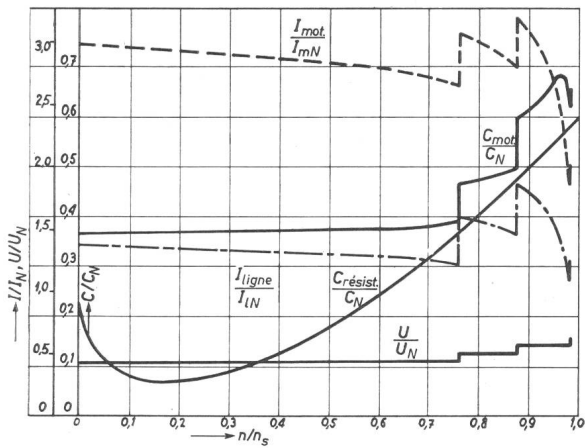


Fig. 5

**Courants et couples d'un groupe 16 MW démarré par Transformateur à gradins**

$C/C_N$  Couples en valeur p. u.;  $C_{mot}/C_N$  Couple à l'arbre du moteur en valeur p. u.;  $C_{résist.}/C_N$  Couple résistant de la pompe en valeur p. u. Autres explications voir fig. 4

(méthode Korndörfer), soit enfin par un réglage progressif de la tension au moyen d'un transformateur à gradins. Cette dernière méthode est extrêmement favorable en ce sens qu'elle permet, par un choix judicieux du nombre de gradins, de limiter les à-coups de courant sur le réseau.

La fig. 4 se rapportant à une machine de 16 MW (pompe non dénoyée) donne une bonne idée de ce système de démarrage. On voit que le courant de démarrage est limité durant toute la montée en vitesse à une valeur de l'ordre de  $3 \times I_N$  aux bornes du moteur et qu'il diminue fortement dès que le moteur tourne à une vitesse voisine de celle du synchronisme.

Dans la fig. 5, se référant au même groupe, les caractéristiques du couple et du courant sont tracées en fonction de la vitesse de la machine. Il est intéressant de constater que la valeur du couple disponible suit en quelques sortes celle du couple résistant, ce qui limite évidemment la sollicitation imposée au réseau d'alimentation.

La fig. 6 indique ce qui se passe à la fin de la période d'accélération. Le point d'intersection des courbes du couple

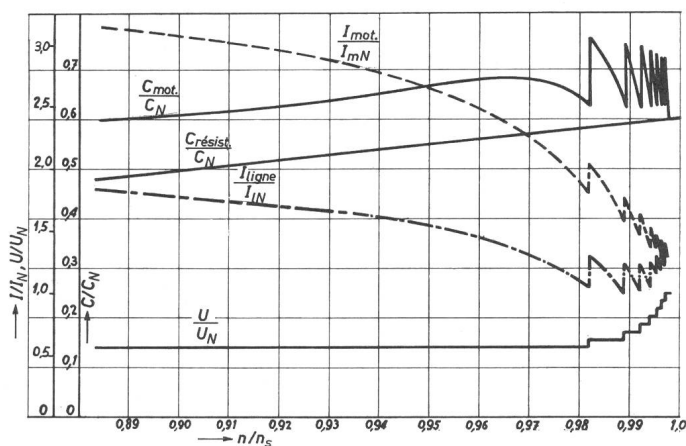


Fig. 6

**Groupes de 16 MW à démarrage par transformateur à gradins, caractéristiques en fin d'accélération**

Explications voir fig. 4 et 5

résistant et du couple disponible correspond à la vitesse sous-synchrone à partir de laquelle il n'est plus possible d'accélérer le groupe. Dans le cas particulier, le glissement est de l'ordre de 0,25 %.

**1.4 Démarrage dos à dos avec et sans excitation**

Pour des machines à très grande puissance, on adopte fréquemment la méthode consistant à utiliser un groupe de l'usine travaillant comme générateur pour démarrer un groupe voisin en pompage. Le groupe générateur peut être soit une machine normale appelée à son tour à fonctionner en régime de pompage, soit une machine entièrement séparée, utilisée principalement pour le démarrage des groupes principaux et accessoirement comme générateur auxiliaire de secours pour les services internes de l'usine. Un tel groupe doit avoir une puissance de l'ordre de 15 à 20 % des groupes principaux, ce qui représente évidemment un investissement important. Le démarrage peut se faire soit à fréquence variable, les roues polaires des deux machines étant préalablement excitées à vitesse zéro, soit en régime asynchrone, la machine de démarrage étant mise en vitesse, excitée puis reliée à la machine à démarrer non excitée (le démarrage en régime asynchrone n'est cependant possible que si la machine entraînée a une puissance pas trop faible par rapport à celle de la machine à accélérer [ $> 50\%$ ]).

Dans certains cas où le rapport entre les quantités d'eau à pomper et à turbiner le permettent, on installe un certain nombre de groupes pompe-turbines et en plus un groupe de même puissance unitaire, mais équipé seulement d'une turbine. Ce groupe est alors utilisé pour le démarrage des autres groupes. Cette méthode présente évidemment l'inconvénient qu'en cas d'indisponibilité du groupe de démarrage, toute l'usine est hors service.

**1.5 Démarrage par moteur auxiliaire**

Il faut enfin dire deux mots du système consistant à installer en bout d'arbre du groupe un moteur asynchrone d'une puissance de l'ordre de 10 % de celle du groupe principal et dont le nombre de pôles est de deux inférieur par rapport à celui de la machine principale. Pour le démarrage, ce moteur est branché directement à sa pleine tension, et comme sa vitesse asynchrone est supérieure à la vitesse synchrone du groupe, il suffit d'accrocher le moteur principal au réseau lorsque la vitesse nominale est atteinte. Dans certains cas, le moteur auxiliaire de démarrage peut être utilisé comme excitatrice à condition de prévoir les redresseurs et organes de réglage adéquats.

**2. Quelques considérations sur le démarrage en régime asynchrone de moteurs synchrones à grande puissance**

Si le démarrage électrique des groupes de pompage à grande puissance conduit à une sollicitation importante du réseau d'alimentation, il est bien évident que cette sollicitation apparaît également dans le moteur lui-même sous forme de contraintes électriques, thermiques et mécaniques. Cela impose au constructeur un certain nombre de précautions à défaut desquelles les moteurs subiraient à plus ou moins brève échéance des dommages difficilement réparables.

Durant le démarrage, le courant important circulant dans l'enroulement statorique provoque des contraintes dynamiques qui nécessitent un calage soigné des têtes de bobines.

Durant la période d'accélération, une partie de la puissance absorbée aux bornes du moteur est transformée sous forme de chaleur dans le rotor (énergie de glissement). La valeur de cette énergie, dépend, durant l'accélération, du  $PD^2$  des masses à accélérer et une fois l'accélération terminée

du temps durant lequel la machine tourne au régime sous-synchrone et naturellement du glissement correspondant.

La méthode qui à première vue paraît la plus judicieuse semblerait consister à utiliser des moteurs asynchrones à cage, de tels moteurs présentant l'avantage au point de vue démarrage d'une symétrie quasiment parfaite dans les axes direct et transverse. Cependant, de tels moteurs ont une capacité thermique rotorique restreinte et celle-ci ne peut être augmentée sans porter préjudice à d'autres caractéristiques constructives de la machine.

En Suisse où l'on réalise en général des aménagements à haute chute, avec des groupes de grande puissance à vitesse élevée, la solution du moteur synchrone à pôles massifs est en général celle qui est adoptée. Elle élimine les difficultés de réalisation des cages, mais présente évidemment l'inconvénient d'une asymétrie importante.

### 2.1 Liaisons interpolaires et cages d'amortissement

Durant l'accélération de tels moteurs, la valeur du courant de démarrage oscille autour de sa valeur moyenne dans le rapport des réactances subtransitoires transversales et longitudinales. Le rapport de ces réactances étant pour des rotors à pôles massifs sans connexions de l'ordre de  $X_q''/X_d'' = 1,5$ , il s'en suit que cette oscillation présente une valeur importante. Comme on ne connaît pas a priori la position des vecteurs de tension, pas plus d'ailleurs que celle de la roue polaire au moment de l'enclenchement, il est avantageux de chercher à diminuer l'asymétrie en court-circuitant les pôles au moyen de liaisons interpolaires réalisées soit par des anneaux de section convenable, fixés aux faces latérales des pôles, soit par des liaisons interpolaires brasées directement sur les pôles.

De telles liaisons provoquent une diminution de la réactance subtransitoire transversale dont la valeur se rapproche de celle de la réactance subtransitoire longitudinale. On obtient alors d'une part une diminution du rapport  $X_q''/X_d''$  à une valeur voisine de 1,3 et une augmentation de la réactance de démarrage, donc une augmentation du couple disponible à l'arbre du moteur.

En réalisant non seulement les liaisons interpolaires, mais en équipant les pôles de barreaux d'amortissement, les caractéristiques du courant (en valeur absolue ainsi qu'en valeur moyenne) et par conséquent du couple disponible sont encore modifiées.

Le tableau I donne une idée des valeurs obtenues.

Valeurs obtenues

Tableau I

Exécution du rotor	$X_q''$	$X_d''$	$\frac{X_q''}{X_d''}$	$X_a =$	$I_a(\text{p.u.})$
				$\frac{X_q'' + X_d''}{2}$	
Sans anneaux	0,3	0,20	1,5	0,25	3,3
Avec anneaux	0,24	0,19	1,27	0,215	3,85
Avec anneaux et cage	0,18	0,185	1,0	0,182	4,5

La fig. 7 représente un rotor à pôle massif d'une machine à grande puissance et pour vitesse nominale 1500 t./min. On distingue clairement les anneaux d'amortissement. Il faut encore mentionner que la section des anneaux d'amortissement doit être largement dimensionnée. Cela est important non seulement eu égard à la densité de courant dans les anneaux qui doit être assez faible pour éviter un échauffement et une dilatation importante de ceux-ci mais également afin

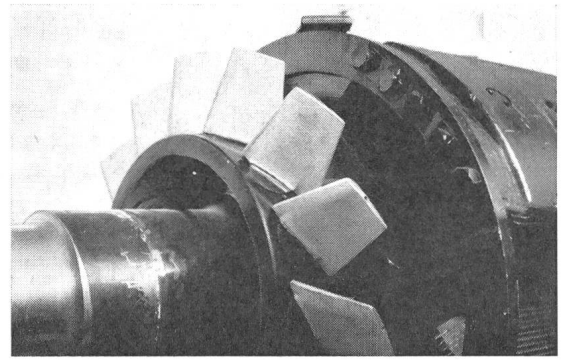


Fig. 7

Photo d'un rotor à pôles massifs avec anneaux d'amortissement

que la surface de contact avec les faces polaires soit suffisante pour permettre le passage de courants de l'ordre de plusieurs milliers d'ampères.

En effet, durant le démarrage, la roue polaire est soumise à une intense circulation de courant dont l'intensité atteint plusieurs dizaines de milliers d'ampères. Ces courants provoquent en particulier un échauffement des épanouissements polaires dont la capacité thermique est limitée.

Ces courants circulent également entre les pôles à travers les anneaux d'amortissement ou à défaut à travers les surfaces de jonction entre les pôles et le moyeu, c'est-à-dire en passant par les queues d'arondes de fixation des pôles. La force centrifuge étant à ce moment là inexistante, il est nécessaire de créer artificiellement un effort assurant une pression de contact suffisante entre les surfaces traversées par le courant. Celles-ci doivent être usinées avec le plus grand soin, voire même subi un traitement de surface, à défaut de quoi il s'en suit l'apparition de brûlures qui compromettent le bon fonctionnement du moteur.

Il faut encore dire deux mots des cages d'amortissement. Certes, leur utilisation améliore la courbe du couple disponible et cela principalement au voisinage de la vitesse synchrone. Toutefois, on préfère généralement s'en passer dans le cas de machines rapides à grande puissance, car les dilations importantes des barreaux nécessitent en général une liaison élastique avec les anneaux d'amortissement, ce qui conduit à des difficultés avec les forces centrifuges à considérer pour des machines rapides.

### 3. Conditions particulières imposées au système de protection des groupes de pompage

Quelques particularités concernant les organes de protection des groupes de pompage à démarrage électrique sont intéressantes à relever.

#### 3.1 Protection thermique et à maximum d'intensité

Du fait de la valeur du courant de démarrage le système classique des 3 relais thermiques combinés avec une protection à maximum d'intensité n'est guère favorable. D'une part, la puissance active est fixée une fois pour toutes par les caractéristiques de la pompe-turbine, ce qui permet de se passer des relais thermiques sur chaque phase. On conservera 1 seul relais thermique dont la fonction est de prévenir un échauffement excessif de l'enroulement statorique par suite d'un réglage incorrect de l'excitation.

Pour la protection à maximum d'intensité, on utilise 2 relais à maximum d'intensité dont les caractéristiques d'attraction et de retombée sont précises. Ces relais sont bloqués

durant le démarrage et ne sont mis en service qu'une fois que le courant a atteint sa valeur stabilisée. Ce blocage est rendu possible par le fait qu'en cas de défaut durant le démarrage, le déclenchement du groupe est assuré par la protection différentielle.

### 3.2 Protection contre les mises à terre statoriques

Au premier instant du démarrage du moteur, et suivant la position de la roue polaire, peuvent apparaître certaines asymétries d'enclenchement qui conduisent à un fonctionnement intempestif de la protection contre les mises à terre. Cette protection doit être bloquée durant le démarrage et n'entrera en fonction qu'une fois que la machine a atteint une certaine vitesse.

### 3.3 Surveillance en cas de blocage du groupe au démarrage

Lors d'un arrêt prolongé, il peut se produire un ensablement de la roue de la pompe, ce qui conduit à une augmentation considérable du couple résistant tout à fait incompatible avec le couple disponible sur la machine électrique. Le groupe reste donc bloqué et il est nécessaire d'en assurer le déclenchement immédiat, afin d'éviter l'échauffement inadmissible de la roue polaire. La méthode la plus simple consiste à mesurer la fréquence de glissement sur l'enroulement d'excitation et à déclencher le groupe si, après quelques secondes, cette valeur n'est pas descendue au-dessous d'une certaine limite.

### 3.4 Surveillance de la tension du réseau d'alimentation

Cette surveillance est importante à deux points de vue: Il est évident tout d'abord qu'il ne doit pas être possible de démarrer un groupe en pompage tant que la tension du réseau d'alimentation n'est pas correcte. Par ailleurs, lorsque le groupe est en service, une baisse trop importante de la tension d'alimentation peut conduire à une augmentation inadmissible du courant statorique ainsi qu'à un décrochage du groupe.

### 3.5 Surveillance de la fréquence du réseau d'alimentation

A la suite d'une importante perturbation dans le réseau d'alimentation, il peut arriver que la puissance réglante disponible ne soit plus en mesure d'assurer le maintien de la fréquence. En pareil cas, il y a naturellement intérêt à décharger immédiatement le réseau, et la mise hors service des groupes de pompage est tout à fait indiquée dans ce cas, puisqu'elle produit un délestage important du réseau, sans préjudice, pour autant naturellement que la remise en service puisse se faire dans un délai compatible avec les possibilités d'accumulation des bassins compensateurs. Il est donc utile d'équiper chaque usine d'un relais de fréquence provoquant le déclenchement général dès que le réseau est surchargé.

## 4. Réalisation du dispositif de commande

La mise en service d'un groupe de pompage comporte un certain nombre d'opérations successives dont certaines doivent s'échelonner à une cadence bien déterminée afin d'éviter une sollicitation prolongée du réseau d'alimentation, un échauffement exagéré du moteur, ainsi que celui de la pompe elle-même.

L'estimation des temps nécessaires pour chaque séquence de démarrage ne pouvant être laissée à l'appréciation des machinistes, il en découle la nécessité d'une automatisation complète du processus de démarrage.

Le nombre des conditions préalables à contrôler, les verrouillages ainsi que les temporisations nécessaires conduisent à une complication importante des dispositifs de commande. Le problème se complique évidemment si en plus du régime de pompage, les groupes doivent pouvoir fonctionner en régime de turbinage et éventuellement comme compensateurs de phase. On arrive dans ces cas là à un nombre important de relais par groupe.

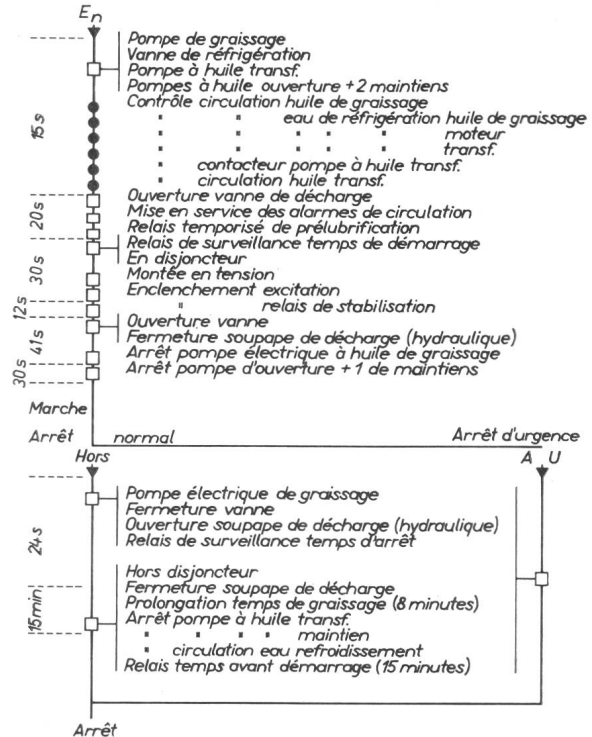


Fig. 8  
Séquences de démarrage et d'arrêt d'un groupe démarré par un transformateur à gradins  
□ Ordre ● Contrôle

La fig. 8 résume les diverses séquences de démarrage d'un groupe de pompage à démarrage au moyen d'un transformateur à gradins.

L'automatisation des séquences de démarrage conduit évidemment à une simplification du pupitre de commande, comme cela ressort de la fig. 9 qui se réfère à des groupes

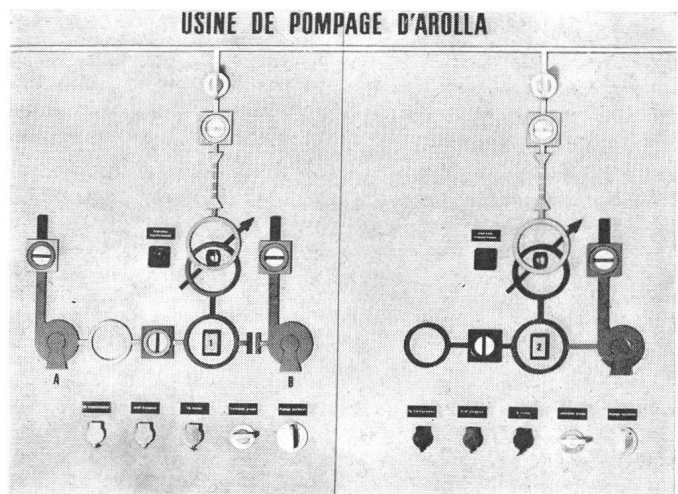


Fig. 9  
Vue partielle du pupitre de commande des groupes avec séquences de démarrage selon fig. 8

à couplage bloc avec transformateur à gradins. La mise en service s'opère au moyen des organes suivants:

- a) 1 commutateur permettant d'ajuster le réglage de l'excitation
- b) 1 commutateur de mise en et hors service
- c) 1 bouton-poussoir permettant de choisir les 2 dernières positions de l'insérateur du transformateur afin d'adapter la tension du moteur aux conditions momentanées du réseau d'alimentation

Il faut enfin insister sur la nécessité d'utiliser pour la réalisation des dispositifs de commande du matériel de première qualité ainsi que des techniques éprouvées. En effet, si actuellement on admet que la perte par suite d'avarie d'un groupe

de production d'énergie par accumulation ne représente pas un inconvénient majeur, il en est tout autrement pour certains groupes de pompage, particulièrement durant la période d'été ou les quantités d'eau sont importantes. Dans ce cas là, un arrêt prolongé d'un groupe conduit fatalement à une perte d'eau et à un manque à gagner qui peut être de plusieurs milliers de francs par heure d'immobilisation. Il est donc nécessaire que les équipements d'automatisme, en raison de leur complication présentent le maximum de sécurité.

**Adresse de l'auteur:**

D. Jaccard, Ingénieur, chemin de Roséaz 16, 1030 Bussigny.

## Commission internationale de réglementation en vue de l'approbation de l'Équipement Electrique (CEE)

Tagungen des Zulassungsbüros der CEE in Stockholm am 28. April 1964 und in Mailand am 8. Oktober 1964

Im Rahmen der beiden letzten CEE-Tagungen hielt das Zulassungsbüro (ZB) am 28. April 1964 in Stockholm seine 6. und am 8. Oktober 1964 in Mailand seine 7. Sitzung ab.

Bekanntlich hat die CEE ein Verfahren geschaffen, das die Zulassung elektrotechnischer Erzeugnisse in verschiedenen Ländern Europas vereinfachen und verbilligen soll, und mit der Durchführung des Verfahrens das ZB betraut.

Das am 1. April 1963 angelaufene Zulassungsverfahren der CEE begegnet, wie der Präsident des ZB, Dr. F. Lauster (D), und der Sekretär A. Mose-Christensen (DK) an Hand von Statistiken darlegten, zunehmend regerem Interesse bei der europäischen und der amerikanischen Elektroindustrie. Die direkt oder indirekt für den Export arbeitenden Firmen erkennen darin die willkommene Möglichkeit, die nationale Zulassung ihrer Erzeugnisse in den verschiedenen europäischen Ländern rascher und billiger zu erreichen als bisher.

Die ersten Zulassungszeugnisse des ZB sind bereits ausgestellt worden. Die gutgeheissenen Erzeugnisse wurden jeweils von zwei nationalen Prüfstellen europäischer Länder unabhängig voneinander nach den einschlägigen CEE-Anforderungen mit übereinstimmend positivem Ergebnis geprüft. Bereits wurden auf Grund solcher ZB-Zeugnisse verschiedene nationale Zulassungsbewilligungen erteilt. Die praktische Anwendbarkeit des ZB-Verfahrens ist damit erwiesen, wenn auch noch zahlreiche Anlaufschwierigkeiten zu überwinden sein werden.

Im Zusammenhang mit dem Start des ZB-Verfahrens hatten sich die Delegierten an beiden Sitzungen mit einer Fülle von organisatorischen, finanziellen und technischen Fragen zu befassen. Die Diskussionen wurden im Geiste aufgeschlossener europäischer Zusammenarbeit geführt.

An der 6. Sitzung des ZB in Stockholm nahmen vierzehn Delegierte aus ebensovielen europäischen Ländern teil. Ausser den EWG- und EFTA-Staaten waren zwei osteuropäische Staaten vertreten.

Das Sekretariat wurde beauftragt, eine Übersicht über die bisherigen Beschlüsse des ZB anzufertigen, die als Ergänzung der bestehenden Geschäftsordnung gelten könne.

Für die Beantwortung von Umfragen, insbesondere über die Beteiligung am Verfahren für bestimmte Erzeugnisse, soll den Ländern jeweils eine Frist von sechs Monaten eingeräumt werden.

Am ZB-Verfahren für gummi- oder PVC-isolierte biegsame Leiter beteiligen sich vorläufig sechs Länder; die meisten übrigen Länder haben in Aussicht gestellt, dass sie — nach Abschluss der Revision der entsprechenden nationalen Vorschriften und nach der Festlegung eventueller zusätzlicher Prüfungen in ihren nationalen Prüfanstalten — innert längstens etwa zwei Jahren ihre Beteiligung anmelden werden. Es wurde beschlossen, die Umfrage bei den Ländern zu wiederholen und dabei auch die Leiter für feste Verlegung einzuschliessen.

Der französische Delegierte stellte die baldige Beteiligung seines Landes am ZB-Verfahren für tragbare Werkzeuge und für Apparateschalter in Aussicht. England will sich innert zwei Jahren

auf den Gebieten der tragbaren Werkzeuge und voraussichtlich auch der biegsamen Leiter und der Leitungsschutzschalter beteiligen.

Die folgenden Erzeugnisse werden neu in das ZB-Verfahren aufgenommen, sobald die entsprechenden neuen CEE-Publikationen erschienen sein werden: Apparateschalter; Miniatur Sicherungen; Stahlrohre; Apparatesteckvorrichtungen.

Das ZB befasst sich nicht mit Änderungen, Kürzungen oder Ergänzungen von CEE-Publikationen. Seine Arbeit basiert nicht auf Entwürfen, sondern ausschliesslich auf gedruckten CEE-Veröffentlichungen.

An der 7. Sitzung des ZB in Mailand, an der wiederum vierzehn Länder vertreten waren, konnte der Präsident auf die steigende Zahl der Anmeldungen für ZB-Prüfungen hinweisen, vor allem auf dem Gebiete der Elektrowerkzeuge. Er unterstrich die Wünschbarkeit der raschen Fertigstellung der CEE-Anforderungen für Haushaltapparate. Auf diesem Gebiet wird das ZB-Verfahren voraussichtlich besonders häufig Anwendung finden.

Italien hat seine Beteiligung am Verfahren für das Gebiet der Haushaltstecker entsprechend den Normblättern II, IV und VII der CEE-Publikation 7 angemeldet, die Schweiz für den Flachstecker nach Normblatt XVI der CEE-Publikation 7 (2. Auflage) für Apparate der Klasse II. Da die 2. Auflage der CEE-Publikation 7 noch nicht veröffentlicht wurde, musste die Beteiligung der Schweiz noch etwas zurückgestellt werden, währenddem die Beteiligung Italiens Zustimmung fand.

Es wurde daran festgehalten, dass ZB-Zeugnisse nur den Fabrikanten, nicht den Vertreterfirmen erteilt werden.

Das Problem der Häufung nationaler Kennfäden in isolierten Leitern und die Frage der Registrierung eines CEE-Kennfadens wurden an das Generalsekretariat der CEE weitergeleitet.

Es wurde festgelegt, dass eine nationale Prüfstelle nur dann für die Prüfung bestimmter Erzeugnisse in Frage kommt, wenn ihr Land sich am ZB-Verfahren auf dem entsprechenden Sachgebiet beteiligt. Bei Haushaltapparaten ist ausser der Beteiligung am allgemeinen Teil (Teil I) auch die Beteiligung auf dem entsprechenden Apparatesektor (Teil II) Voraussetzung. Dagegen soll keine Rücksicht darauf genommen werden, ob ein Land nur Apparate der Klasse I oder nur der Klasse II zulässt.

An der nächsten Sitzung, welche am 6. Mai 1965 in München stattfinden wird, sollen u. a. die folgenden Fragen vordringlich behandelt werden: Vorgehen nach der Neuherausgabe einer CEE-Publikation, deren alte Ausgabe dem ZB-Verfahren auf dem entsprechenden Sachgebiet zu Grunde lag; Übergangszeiten; Rückzug alter ZB-Zeugnisse. Berücksichtigung von Messtoleranzen bei der Prüfung. Vorgehen bei der Beurteilung von Erzeugnissen, welche vom gleichen Fabrikanten in verschiedenen Ländern hergestellt werden.

Beide Sitzungen haben bewiesen, dass die nationalen Prüfanstalten das ZB-Verfahren tatkräftig unterstützen; sie leisten damit einen beachtenswerten, uneigennütigen Beitrag zur Vereinfachung und Verbilligung des europäischen Handels. E. Wettstein