

Correction du facteur de puissance

FESTO

Électricité et énergies
nouvelles

LabVolt Series

Manuel de l'étudiant

FESTO



Allemagne

Festo Didactic SE
Rechbergstr. 3
73770 Denkendorf
Tél.: +49 711 3467-0
Télééc.: +49 711 347-54-88500
did@festo.com

États-Unis

Festo Didactic Inc.
607 Industrial Way West
Eatontown, NJ 07724
Tél.: +1 732 938-2000
Sans frais: +1-800-522-8658
Télééc.: +1 732 774-8573
services.didactic@festo.com

Canada

Festo Didactic Ltée/Ltd
675, rue du Carbone
Québec (Québec) G2N 2K7
Tél.: +1 418 849-1000
Sans frais: +1-800-522-8658
Télééc.: +1 418 849-1666
services.didactic@festo.com

Manuel de l'étudiant

Correction du facteur de puissance

www.festo-didactic.com

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Festo Didactic
fr
8116571



0008116571000000000100

Électricité et énergies nouvelles

Correction du facteur de puissance

Manuel de l'étudiant

8116571

Numéro de cours : 8116571 (Version imprimée) 8116572 (Version électronique)
Première édition
Niveau de révision : 11/2019

Par l'équipe de Festo Didactic

© Festo Didactic Ltée/Ltd, Québec, Canada 2019

Internet : www.festo-didactic.com

Courriel : services.didactic@festo.com

Imprimé au Canada

Tous droits réservés

ISBN 978-2-89789-561-7 (Version imprimée)

ISBN 978-2-89789-562-4 (Version électronique)

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2019

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives Canada, 2019

L'acheteur reçoit un seul droit d'utilisation qui est non exclusif, non limité dans le temps et limité géographiquement au site de l'acheteur tel que décrit ci-bas.

L'acheteur a le droit d'utiliser cette publication pour la formation de son personnel au site de l'acheteur et a également le droit d'utiliser des parties du matériel protégé par le droit d'auteur comme base pour la production de sa documentation didactique destinée à la formation de son personnel au site de l'acheteur avec reconnaissance de la source et de faire des copies à cette fin. Dans le cas d'écoles et de collèges techniques, de centre de formation et d'universités, le droit d'utilisation inclut également son utilisation à des fins didactiques par les étudiants et stagiaires de l'école ou du collègue au site de l'acheteur.

Dans tous les cas, le droit d'utilisation exclut le droit de publier le matériel protégé par le droit d'auteur ou de le rendre disponible pour utilisation sur intranet, Internet, ou sur un système de gestion de l'apprentissage (LMS) ou une base de données tel que Moodle permettant l'accès à une grande variété d'utilisateurs, incluant ceux hors du site de l'utilisateur.

L'admissibilité à d'autres droits liés à la reproduction, copie, adaptation, traduction, au microfilmage et transfert, ainsi qu'à l'emmagasiner et au traitement dans des systèmes électroniques, que ce soit entièrement ou en partie, requiert préalablement la permission de Festo Didactic.

Les informations dans ce document sont sujettes à modification sans préavis et ne représentent pas un engagement de la part de Festo Didactic. Le matériel Festo décrit dans ce document est fourni sous accord de licence ou accord de non-divulgaration.















Festo Didactic reconnaît les noms de produit comme étant des marques de commerce ou des marques de commerce déposées de leurs détenteurs respectifs.

Toutes les autres marques de commerce sont la propriété de leurs détenteurs respectifs. Il est possible que d'autres marques de commerce et noms de commerce soient utilisés dans ce document afin de référer soit à l'entité détenant les marques ou les noms, soit à leurs produits. Festo Didactic renonce à tout intérêt propriétaire concernant les marques de commerce et les noms de commerce autres que les siens.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Symboles de sécurité et symboles communs

Les symboles de sécurité et les symboles communs suivants peuvent se trouver dans ce cours et sur l'équipement :

Symbole	Description
	DANGER indique un danger de haut niveau qui, s'il n'est pas évité, causera la mort ou des blessures sérieuses.
	AVERTISSEMENT indique un danger de niveau moyen qui, s'il n'est pas évité, pourrait causer la mort ou des blessures sérieuses.
	ATTENTION indique un danger de faible niveau qui, s'il n'est pas évité, pourrait causer des blessures mineures ou modérées.
	ATTENTION utilisé sans le symbole <i>Attention, danger</i> ⚠, indique une situation potentiellement dangereuse qui, si elle n'est pas évitée, pourrait causer des dégâts matériels.
	Attention, danger. Consulter la documentation de l'utilisateur pertinente.
	Attention, risque de choc électrique
	Attention, risque de blessure lors du levage de charges
	Attention, surface chaude
	Attention, risque de feu
	Attention, risque d'explosion
	Attention, risque de coincement dans un entraînement par courroie
	Attention, risque de coincement dans un entraînement par chaîne
	Attention, risque de coincement dans un engrenage
	Attention, risque d'écrasement des mains
	Avertissement, rayonnement non ionisant

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Symboles de sécurité et symboles communs















Symbole	Description
	Consulter la documentation de l'utilisateur pertinente
	Courant continu
	Courant alternatif
	Courant continu et alternatif
	Courant alternatif triphasé
	Borne de mise à la terre
	Borne de conducteur de protection
	Borne du cadre ou du châssis
	Équipotentialité
	Allumé (bloc d'alimentation)
	Éteint (bloc d'alimentation)
	Équipement protégé par une double isolation ou par une isolation renforcée.
	Position actionnée d'un bouton-poussoir bistable
	Position non actionnée d'un bouton-poussoir bistable

Table des matières

Préface.....	VII
À propos de ce cours.....	XI
Introduction Introduction à la correction du facteur de puissance.....	1
OBJECTIF DU COURS.....	1
PRINCIPES FONDAMENTAUX.....	1
Le problème d'un faible facteur de puissance dans une application industrielle.....	1
Exercice 1 Correction du facteur de puissance.....	5
PRINCIPES.....	5
Correction du facteur de puissance d'une application industrielle.....	5
Utilisation de banques de condensateurs commutés pour la correction variable du facteur de puissance.....	8
Types de correction du facteur de puissance : à l'échelle de l'usine et distribuée.....	9
Correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine.....	9
Correction du facteur de puissance distribuée.....	10
Comparaison de la correction du facteur de puissance : à l'échelle de l'usine et distribuée.....	12
Correction du facteur de puissance dans les circuits triphasés.....	13
MANIPULATIONS.....	15
Montage et câblage.....	15
Application industrielle contenant une charge purement résistive.....	18
Application industrielle contenant des charges résistives et inductives.....	19
Correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine.....	21
Correction du facteur de puissance distribuée appliquée à une application industrielle triphasée.....	27
CONCLUSION.....	32
QUESTIONS DE RÉVISION.....	33
Annexe A Tableau d'utilisation de l'équipement.....	35
Annexe B Glossaire de la terminologie nouvelle.....	37
Annexe C Tableau d'impédance pour les modules de charge.....	39

Table des matières

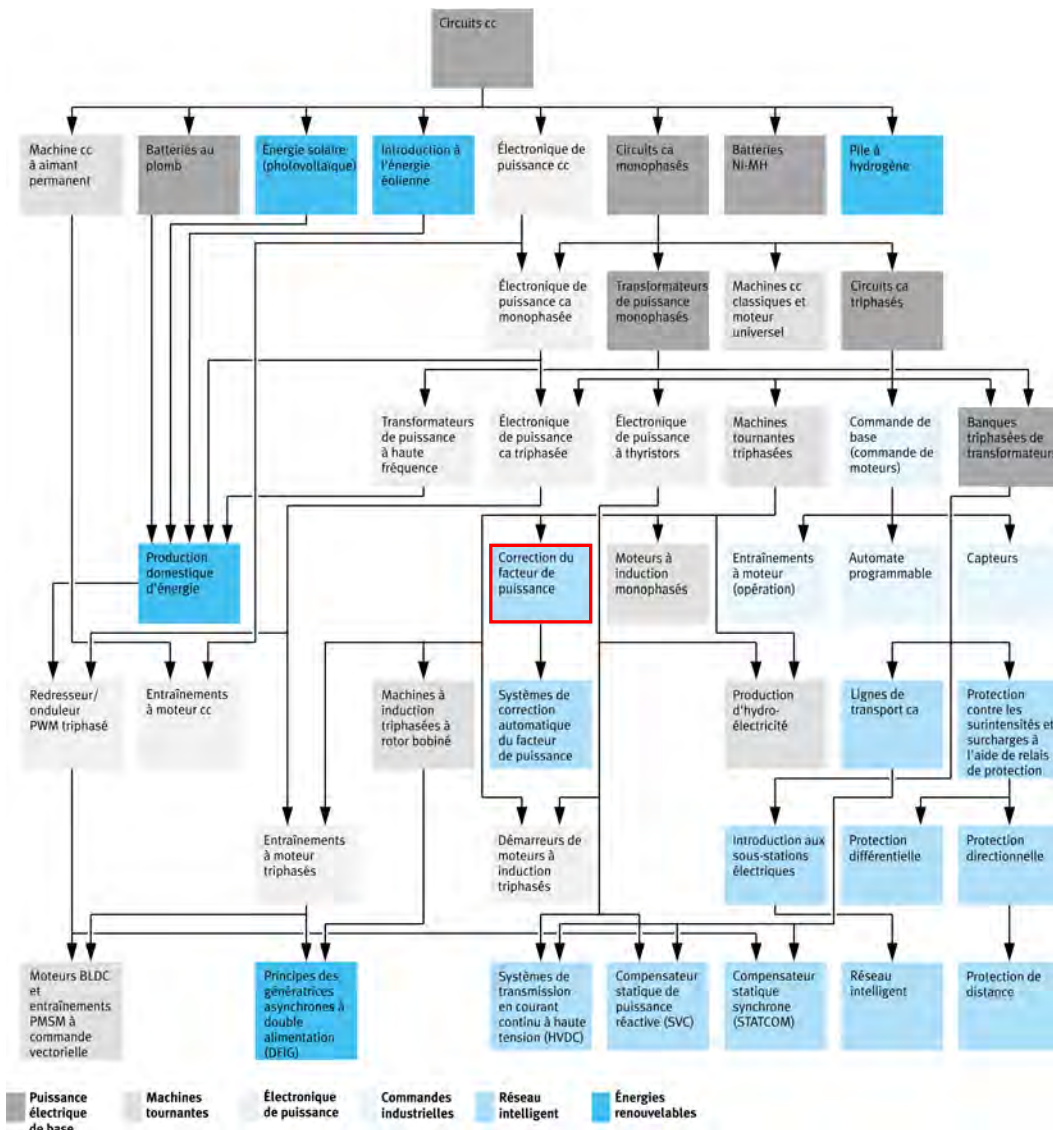
Annexe D	Symboles des diagrammes de circuit.....	41
	Index de la terminologie nouvelle	47
	Bibliographie	49

Préface

La production d'énergie à l'aide de ressources naturelles renouvelables telles que le vent, la lumière du Soleil, la pluie, les marées, la chaleur géothermique, etc. a beaucoup gagné en importance au cours des dernières années puisqu'il s'agit d'un moyen efficace de réduire l'émission de gaz à effet de serre (GES). La demande pour des technologies innovatrices afin de rendre le réseau électrique plus intelligent est émergée récemment en tant que tendance majeure, dû au fait que les réseaux électriques actuels ont de la difficulté à suffire à la demande accrue en électricité observée mondialement. De plus, des véhicules électriques (allant des vélos aux autos) sont maintenant développés et commercialisés avec succès dans plusieurs pays du monde.

Afin de répondre aux besoins en formation de plus en plus diversifiés dans le vaste domaine de l'énergie électrique, le Programme didactique en technologie de l'énergie électrique a été développé comme programme d'étude modulaire destiné aux instituts techniques, collèges et universités. Le programme est présenté ci-dessous sous forme d'organigramme, chaque boîte représentant un cours.

Préface



Le Programme didactique en technologie de l'énergie électrique.

Le programme débute avec une variété de cours couvrant de façon détaillée des sujets de base liés au domaine de l'énergie électrique, tels que les circuits cc et ca, les transformateurs de puissance, les machines tournantes, le transport d'énergie en courant alternatif et l'électronique de puissance. Le programme continue ensuite à partir des connaissances acquises par l'étudiant durant ces cours de base afin de fournir une formation dans des sujets plus avancés tels que la production domestique d'énergie à partir de ressources renouvelables (vent et lumière du Soleil), la production à grande échelle d'hydroélectricité, la production à grande échelle d'énergie électrique à partir de l'énergie éolienne (les technologies de l'alternateur à induction à double alimentation [DFIG], l'alternateur synchrone et l'alternateur à induction), les technologies de réseau électrique intelligent (SVC, STATCOM, transmission HVDC), l'emmagasinement d'énergie électrique dans des batteries, et les systèmes d'entraînement pour petits véhicules électriques et autos.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Préface

Nous invitons les lecteurs à nous faire part de leurs opinions, commentaires et suggestions d'amélioration du cours.

Veuillez les envoyer à services.didactic@festo.com.

Les auteurs et Festo Didactic sont en attente de vos commentaires.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

À propos de ce cours

La plupart des grandes applications industrielles disposent aujourd'hui de moyens pour mettre en œuvre la correction du facteur de puissance. En effet, dans presque toutes les grandes applications industrielles, de nombreux moteurs et charges tendent à absorber une quantité importante de puissance réactive du réseau d'alimentation ca, réduisant ainsi le facteur de puissance de l'application. Cette situation n'est pas souhaitable, car la plupart des fournisseurs d'électricité facturent des coûts plus élevés aux clients dont le facteur de puissance est nettement inférieur à l'unité.

Par conséquent, pour éviter que leur facture d'électricité n'augmente en raison d'un faible facteur de puissance, il est courant pour les gestionnaires d'applications industrielles ayant un besoin élevé en puissance réactive d'ajouter des moyens pour fournir la puissance réactive requise, augmentant ainsi le facteur de puissance à l'unité. Cette technique se nomme la correction du facteur de puissance. La correction du facteur de puissance est habituellement effectuée en ajoutant des condensateurs à l'application industrielle. Ces condensateurs sont ajustés pour fournir la quantité exacte de puissance réactive requise par l'application pour rétablir le facteur de puissance unitaire.

Ce cours enseigne les principes de base de la correction du facteur de puissance. Les étudiants sont introduits aux raisons de corriger le facteur de puissance d'applications industrielles. Ils apprennent comment la correction du facteur de puissance est habituellement mise en œuvre dans les applications industrielles avec des charges inductives variables (p. ex., des moteurs à induction qui se mettent en marche et s'arrêtent). Le cours introduit aussi les étudiants aux deux types principaux de correction du facteur de puissance disponibles : à l'échelle de l'usine et distribuée. Finalement, les principes de la correction du facteur de puissance sont appliqués aux circuits d'alimentation ca monophasés et triphasés. La théorie présentée dans le cours est ensuite vérifiée en effectuant diverses mesures et observations de circuit.

À propos de ce cours



La plupart des installations industrielles tirent de la puissance réactive du réseau d'alimentation ca, ce qui réduit leur facteur de puissance et augmente leur coût énergétique. L'utilisation de la correction du facteur de puissance rétablit le facteur de puissance unitaire et réduit ainsi considérablement les coûts énergétiques.

Considérations de sécurité

Les symboles de sécurité pouvant être utilisés dans ce cours et sur l'équipement sont indiqués dans le tableau Symboles de sécurité et symboles communs se trouvant dans les premières pages de ce document.

Les consignes de sécurité se rapportant aux manipulations que vous devrez effectuer sont indiquées dans chaque exercice.

Assurez-vous de porter l'équipement de protection approprié lorsque vous effectuez les tâches requises dans les exercices pratiques. Vous ne devriez jamais effectuer une tâche si vous avez une raison de penser qu'une manipulation pourrait être dangereuse pour vous ou vos coéquipiers.

Prérequis

Comme prérequis à ce cours, vous devriez avoir terminé les cours suivants : *Circuits cc*, *Circuits ca monophasés*, *Circuits ca triphasés* et *Machines tournantes triphasées*.

À propos de ce cours

Systemes d'unités

Les unités sont exprimées dans le Système international d'unités (SI), suivies par les unités exprimées dans le Système d'unités de mesure américaines (entre parenthèses).

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Introduction à la correction du facteur de puissance

OBJECTIF DU COURS

Lorsque vous aurez terminé ce cours, vous serez familier avec les raisons de corriger le facteur de puissance d'une application industrielle ou de toute charge inductive, de même qu'avec les différents moyens pour le faire.

SOMMAIRE DES PRINCIPES

Les Principes fondamentaux couvrent les points suivants :

- Le problème d'un faible facteur de puissance dans une application industrielle

PRINCIPES FONDAMENTAUX

Le problème d'un faible facteur de puissance dans une application industrielle

Il est généralement admis que les composants inductifs absorbent de la puissance réactive et que les composants capacitifs fournissent de la puissance réactive bien que, en fait, les composants réactifs échangent de la puissance réactive et n'absorbent ni ne fournissent de puissance réactive.

Les gestionnaires de la plupart des applications industrielles d'aujourd'hui doivent faire face au problème du maintien d'un facteur de puissance élevé. Cela est dû au fait que presque toutes les applications industrielles contiennent plusieurs charges inductives. Les exemples les plus courants de ces charges inductives sont les convoyeurs, les pompes, les broyeurs, les moulins, les mélangeurs et les fours à arc. Toutes ces charges utilisent soit un moteur, soit un transformateur qui nécessite un courant magnétisant (et donc de la puissance réactive) pour créer le champ magnétique nécessaire à leur fonctionnement, en plus de la puissance active nécessaire pour produire le travail réel. Plus la quantité de puissance réactive requise par une charge est élevée par rapport à sa puissance active requise, plus le facteur de puissance de la charge est faible. Dans toute application industrielle comportant plusieurs charges inductives, la quantité de puissance réactive absorbée par chaque charge s'additionne au bus principal où l'application tire l'énergie électrique du réseau électrique alternatif. Lorsqu'une application industrielle nécessite une quantité importante de puissance réactive par rapport à ses besoins en puissance active, le facteur de puissance de l'application est faible.

Le fait d'avoir un faible facteur de puissance (généralement inférieur à 0,9) au niveau du bus principal présente plusieurs inconvénients pour toute application industrielle. Le principal inconvénient est qu'un faible facteur de puissance augmente considérablement l'intensité du courant circulant du réseau d'alimentation ca vers l'application industrielle pour une quantité donnée de puissance active fournie à l'application. Cela est dû au fait que le réseau électrique alternatif doit fournir à l'application industrielle à la fois la quantité de puissance active et la quantité de puissance réactive dont elle a besoin. Par conséquent, l'intensité du courant circulant dans les lignes de distribution fournissant de l'énergie électrique à l'application industrielle augmente. Un courant plus élevé circulant dans ces lignes de distribution augmente les pertes de cuivre (pertes RI^2) dans ces lignes et dans tous l'équipement (lignes de transmission, transformateurs de puissance, etc.) en amont dans le réseau d'alimentation ca. De plus, un courant plus élevé exige également que le fournisseur d'électricité augmente la taille des lignes de distribution qui

Property of Festo Didactic

Sale and/or reproduction forbidden

alimentent l'application, et éventuellement la taille de l'équipement (lignes de transport, transformateurs de puissance, etc.) en amont du réseau d'alimentation ca, pour fournir la puissance nécessaire à l'application industrielle.

Les pertes de puissance supplémentaires dans le réseau d'alimentation ca causées par le faible facteur de puissance d'une application industrielle, ainsi que l'équipement de plus grande taille requis, entraînent des dépenses supplémentaires pour le fournisseur d'électricité. Pour cette raison, la plupart des fournisseurs d'électricité facturent des coûts supplémentaires aux clients industriels dont le facteur de puissance est faible. La méthode utilisée pour calculer ces surcoûts varie d'un fournisseur d'électricité à l'autre, mais généralement, plus le facteur de puissance de l'application industrielle est faible, plus les surcoûts sur la facture d'électricité sont élevés. Par conséquent, la plupart des gros clients industriels utilisent certains moyens pour mettre en œuvre la **correction du facteur de puissance**. La correction du facteur de puissance consiste à augmenter le facteur de puissance d'une charge inductive au plus près de l'unité. La charge peut être les appareils électriques d'une application industrielle complète ou un appareil électrique spécifique d'une application industrielle comme un moteur à induction triphasé. La correction du facteur de puissance est obtenue en connectant les condensateurs à la charge afin de fournir la quantité exacte de puissance réactive dont elle a besoin. Lorsqu'ils sont dimensionnés correctement, les condensateurs fournissent toute la puissance réactive requise par la charge et amènent ainsi le facteur de puissance à l'unité. Comme vous le verrez dans l'Exercice 1, un client industriel peut augmenter considérablement le facteur de puissance de son application et réduire ses coûts énergétiques en fournissant sa propre puissance réactive.



Figure 1. Les grandes installations industrielles contenant des moteurs et d'autres charges réactives en fonctionnement constant ou presque constant (comme les grands convoyeurs de l'usine minière dans la figure ci-dessus) bénéficient grandement de la correction du facteur de puissance.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Correction du facteur de puissance

OBJECTIF DE L'EXERCICE Lorsque vous aurez terminé cet exercice, vous saurez comment corriger le facteur de puissance d'une application industrielle dont la demande de puissance réactive est fixe ou variable. Vous serez introduit aux deux types principaux de correction du facteur de puissance : à l'échelle de l'usine et distribuée. Vous serez familier avec la correction du facteur de puissance de circuits triphasés.

SOMMAIRE DES PRINCIPES Les Principes de cet exercice couvrent les points suivants :

- Correction du facteur de puissance d'une application industrielle
- Utilisation de banques de condensateurs commutés pour la correction variable du facteur de puissance
- Types de correction du facteur de puissance : à l'échelle de l'usine et distribuée
Correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine. Correction du facteur de puissance distribuée. Comparaison de la correction du facteur de puissance : à l'échelle de l'usine et distribuée.
- Correction du facteur de puissance dans les circuits triphasés

PRINCIPES

Correction du facteur de puissance d'une application industrielle

Comme mentionné dans l'introduction de ce cours, une application industrielle à faible facteur de puissance a des effets nuisibles sur le système de transport et de distribution d'électricité du fournisseur d'électricité, ainsi que sur l'application industrielle elle-même. Les principaux effets nuisibles sont énumérés ci-dessous.

- L'intensité du courant circulant dans les lignes de distribution fournissant de l'énergie électrique à l'application industrielle augmente. Cela exige également que le fournisseur d'électricité augmente la taille des lignes de distribution qui alimentent l'application, et éventuellement la taille de l'équipement (lignes de transport, transformateurs de puissance, etc.) en amont du réseau d'alimentation ca, pour fournir la puissance nécessaire à l'application industrielle.
- La quantité de pertes de cuivre (pertes RI^2) dans les lignes de distribution, ainsi que dans l'équipement (lignes de transport, transformateurs, etc.) en amont du réseau d'alimentation ca, augmente également.
- La tension au bus d'alimentation principal de l'application industrielle diminue.
- La quantité de puissance active fournie à l'application industrielle diminue.

Pour illustrer ces effets, considérons le circuit dans la figure 2 qui représente une phase du réseau de distribution d'un fournisseur d'électricité qui alimente une application industrielle. La résistance et la bobine connectées en série avec la

Property of Festo Didactic

Sale and/or reproduction forbidden

source d'alimentation dans le système de distribution représentent la résistance et la réactance inductive combinées des lignes de distribution et autres équipements dans le système de distribution. Dans cet exemple, l'application industrielle est une charge purement résistive (représentée par une résistance), ce qui signifie qu'elle ne consomme pas de puissance réactive, seulement de la puissance active. Le facteur de puissance de l'application industrielle est donc égal à 1,000.

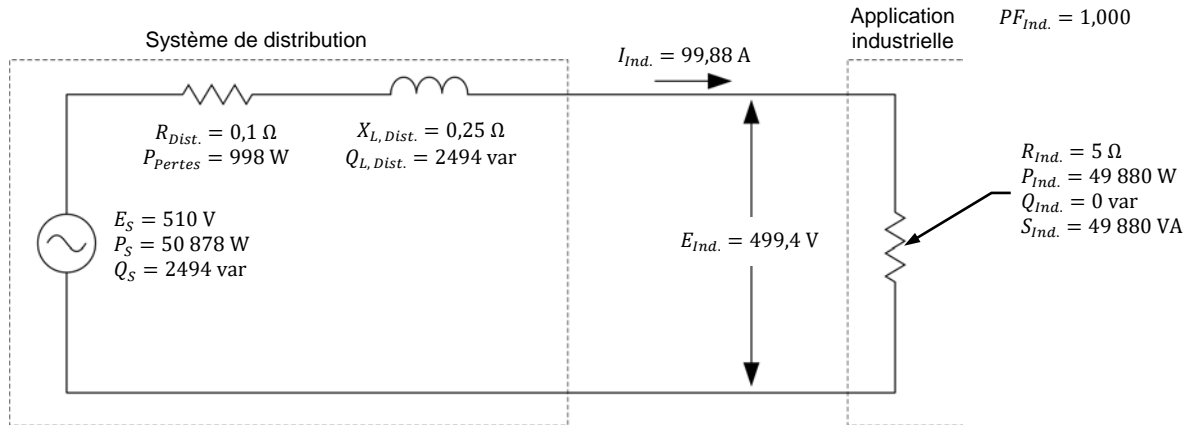


Figure 2. Système de distribution fournissant de la puissance active à une application industrielle avec un facteur de puissance de 1 (une phase montrée).

Comme le montre la figure 2, l'intensité du courant $I_{Ind.}$ circulant dans les lignes de distribution alimentant l'application industrielle est égale à 99,88 A, la quantité de puissance active $P_{Ind.}$ fournie à l'application industrielle est de 49 880 W, et la quantité de pertes de puissance P_{Pertes} dans le système de distribution est égale à 998 W. Le circuit montre aussi que la tension $E_{Ind.}$ au bus d'alimentation principal de l'application industrielle est légèrement inférieure à la tension de source E_S du système de distribution (499,4 V comparé à 510 V).

Considérons maintenant le circuit dans la figure 3, qui représente le même système de distribution que dans la figure 2, mais cette fois fournissant de la puissance à une application industrielle tirant autant de puissance réactive que de puissance active (représentées par une résistance et une bobine connectées en parallèle).

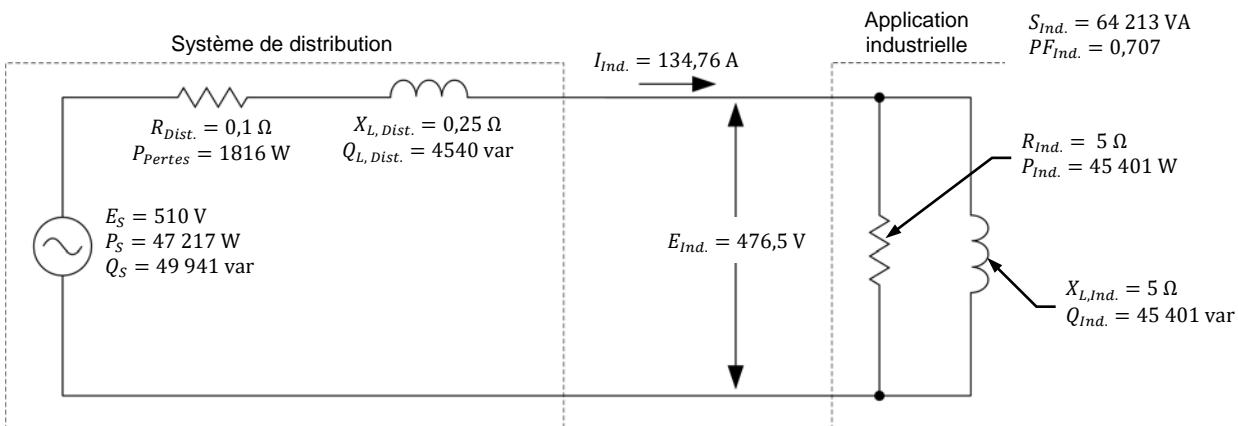


Figure 3. Système de distribution fournissant de la puissance active et de la puissance réactive à une application industrielle avec un facteur de puissance de 0,707 (une phase montrée).

Comme le montre la figure 3, la puissance réactive $Q_{Ind.}$ (45 401 var) que l'application industrielle tire du système de distribution fait augmenter significativement la puissance apparente $S_{Ind.}$ fournie à l'application (de 49 880 VA à 64 213 VA). L'intensité du courant $I_{Ind.}$ circulant dans les lignes de distribution qui alimentent l'application industrielle passe ainsi de 99,88 A à 134,76 A (soit une augmentation de 34,9 %). L'augmentation du courant $I_{Ind.}$ fait presque doubler les pertes de puissance P_{pertes} dans le système de distribution (elles passent de 998 W à 1816 W). L'augmentation du courant $I_{Ind.}$ fait aussi passer la tension $E_{Ind.}$ au bus d'alimentation principal de l'application industrielle de 499,4 V à 476,5 V (une diminution de 4,5 %) qui fait ainsi diminuer légèrement la quantité de puissance active $P_{Ind.}$ fournie à l'application industrielle (de 49 880 W à 45 401 W). Finalement, cela résulte en une diminution significative (de 1,000 à 0,707) du facteur de puissance $PF_{Ind.}$ de l'application industrielle.

Les valeurs des différents paramètres de l'exemple ci-dessus montrent tous les effets nuisibles énumérés au début de cette section causés par une application industrielle avec un faible facteur de puissance. Ces effets nuisibles peuvent être annulés par la mise en œuvre d'une correction du facteur de puissance (CFP). Ceci peut être fait en ajoutant une source de puissance réactive au bus principal de l'application industrielle afin de fournir la puissance réactive requise par les charges inductives de l'application. Cette source de puissance réactive est généralement constituée d'un ou plusieurs condensateurs connectés en parallèle au bus de puissance principal de l'application industrielle, comme le montre la figure 4.

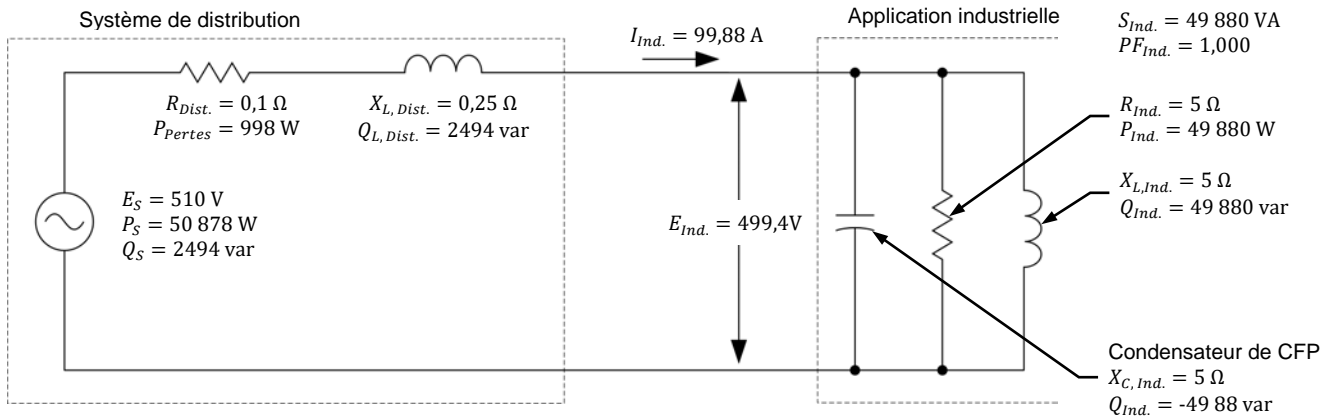


Figure 4. Système de distribution fournissant de la puissance active à une application industrielle dont le facteur de puissance de 0,707 est corrigé à 1,000 à l'aide d'un condensateur connecté en parallèle au bus d'alimentation principal de l'application (une phase représentée).

La figure 4 montre que toute la puissance réactive absorbée par la charge inductive de l'application industrielle (49 880 var) est fournie par le condensateur de correction du facteur de puissance (CFP), ce qui signifie que l'application ne tire aucune puissance réactive du système de distribution. De ce fait, le facteur de puissance net mesuré au bus d'alimentation principal de l'application industrielle est égal à 1,000, tout comme lorsque l'application industrielle est purement résistive tel que montré dans la figure 2. De même, les valeurs des autres paramètres de l'application industrielle dans le circuit de la figure 4 sont égales à celles calculées dans le circuit de la figure 4. Cela signifie qu'une application industrielle contenant à la fois des charges résistives et inductives

Property of Festo Didactic

Sale and/or reproduction forbidden

dont le facteur de puissance est corrigé à 1,000 fonctionne exactement comme une application industrielle idéale qui ne contient que des charges purement résistives.

Utilisation de banques de condensateurs commutés pour la correction variable du facteur de puissance

Le figure 4 montrait un exemple de correction du facteur de puissance dans lequel la charge inductive de l'application industrielle est fixe. Dans ce cas, la réactance du condensateur nécessaire pour corriger le facteur de puissance de l'application industrielle est égale à la réactance de la charge inductive dans l'application. Cependant, dans la plupart des cas, la réactance inductive de la charge dans une application industrielle varie continuellement. Par exemple, cela se produit lorsque les moteurs, les broyeurs, les compresseurs ou les fours à arc sont mis en marche ou arrêtés. Par conséquent, la variation de la demande de puissance réactive qui en résulte peut être grande ou petite, rapide ou lente, prévisible ou imprévisible, selon le type d'application.

La correction du facteur de puissance dans une application industrielle dont la demande de puissance réactive varie dans le temps nécessite donc un condensateur dont la réactance est variable. Cependant, des condensateurs variables à haute tension et à haute puissance ne sont pas disponibles dans le commerce. En remplacement, une banque de condensateurs commutés de différentes valeurs de capacitance est connectée en parallèle avec la charge inductive variable dans l'application industrielle, comme le montre la figure 5.

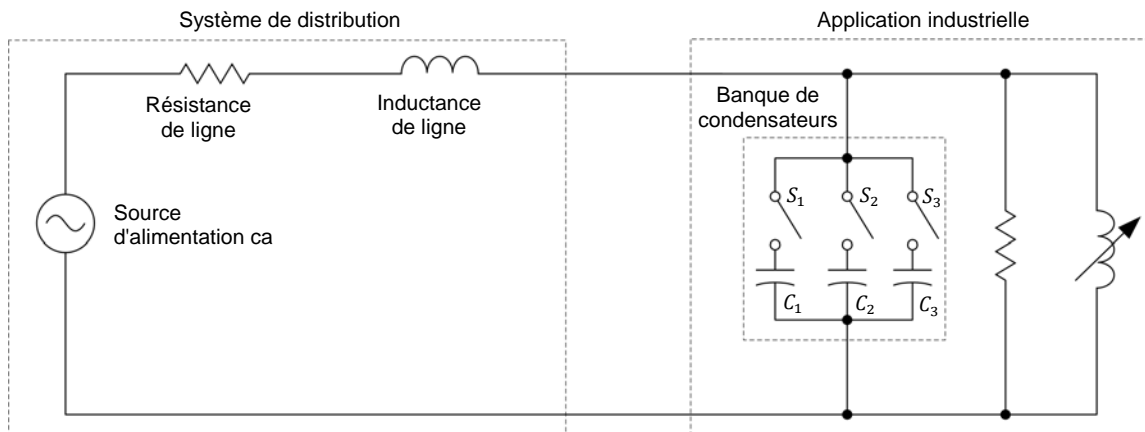


Figure 5. Une banque de condensateurs commutés de différentes valeurs de capacitance permet de corriger le facteur de puissance d'une application industrielle même lorsque la réactance inductive de la charge varie (schéma monphasé).

En fonction de la demande de puissance réactive actuelle de l'application industrielle, les condensateurs sont mis en circuit ou hors circuit afin de répondre au mieux à la demande de puissance réactive de l'application et de maintenir le facteur de puissance aussi proche que possible de l'unité. Par exemple, si la demande de puissance réactive de l'application industrielle est égale à 25 kvar, les condensateurs sont mis en circuit ou hors circuit de sorte que la quantité de puissance réactive fournie par les condensateurs soit aussi proche que possible de 25 kvar. Cela garantit que la majeure partie de la puissance réactive requise par l'application industrielle est fournie par les condensateurs de correction du facteur de puissance et que pratiquement aucune puissance réactive n'est

fournie par le système de distribution. Par conséquent, le facteur de puissance de l'application industrielle vu du système de distribution semble être très proche de l'unité.



Figure 6. Banque de condensateurs utilisée pour la correction du facteur de puissance.

Types de correction du facteur de puissance : à l'échelle de l'usine et distribuée

Il existe deux types de conversion du facteur de puissance, différenciés par l'emplacement des condensateurs dans l'application industrielle : **correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine** et **correction du facteur de puissance distribuée**. Les deux types de correction du facteur de puissance sont décrits dans les sous-sections suivantes :

Correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine

Dans la correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine, la banque de condensateurs commutés est connectée en parallèle au bus d'alimentation principal de l'application industrielle, comme le montre la figure 7. Dans l'application industrielle de la figure 7, la demande de puissance réactive de l'application est due à plusieurs charges résistives-inductives représentant différents dispositifs tels que des moteurs et transformateurs de puissance. Chaque charge peut être mise en circuit ou hors circuit à l'aide des commutateurs S_{M1} , S_{M2} et S_{M3} .

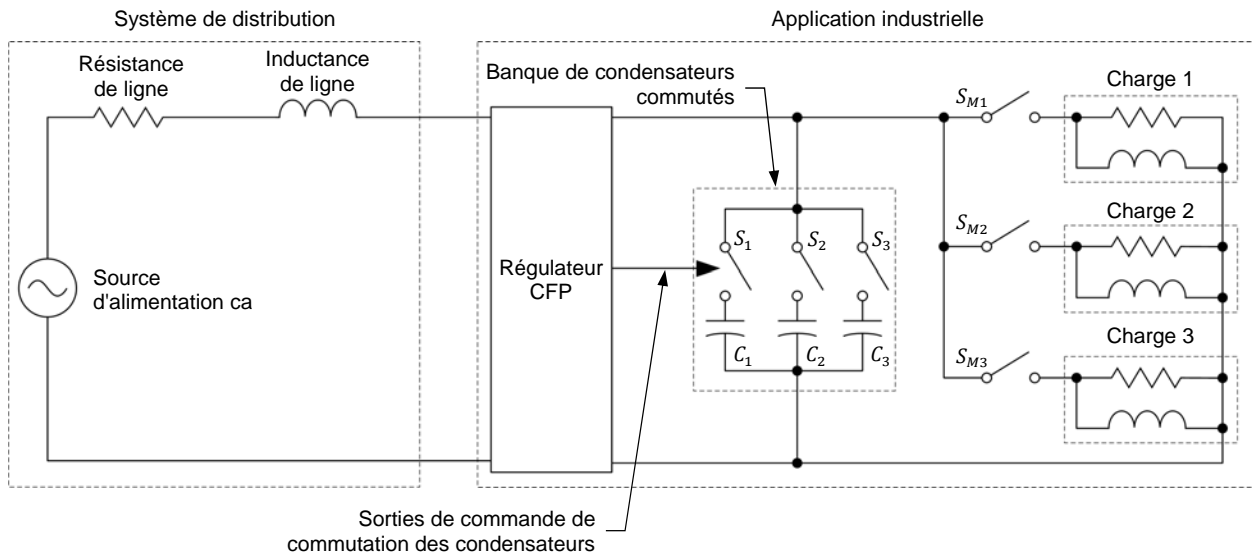


Figure 7. Dans la correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine, la banque de condensateurs commutés est connectée en parallèle au bus d'alimentation principal de l'application industrielle (schéma monphasé).

Lors de l'utilisation de la correction du facteur de puissance à l'échelle de l'installation, le banc de condensateurs commutés doit être dimensionné de manière à pouvoir fournir une puissance réactive suffisante pour répondre à la demande maximale de puissance réactive lorsque toutes les charges résistives-inductives de l'application industrielle sont mises en service. De plus, les valeurs de capacitance des différents condensateurs de la banque doivent être soigneusement sélectionnées afin de permettre de répondre à toute valeur intermédiaire de demande de puissance réactive (se produisant lorsque toutes les charges résistives-inductives ne sont pas en circuit). Comme la charge inductive totale d'une application industrielle peut varier souvent et rapidement, la correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine est généralement réalisée à l'aide d'un régulateur de correction du facteur de puissance. Ce régulateur surveille en permanence la demande de puissance réactive de l'application industrielle et met en circuit et hors circuit les condensateurs afin de fournir la quantité appropriée de puissance réactive nécessaire. Un tel régulateur permet de maintenir le facteur de puissance de l'application industrielle au plus près de l'unité malgré d'importantes variations de la demande de puissance réactive. Le régulateur veille également à ce que les transitoires du facteur de puissance qui se produisent lors de variations soudaines de la demande de puissance réactive soient aussi courts et imperceptibles que possible.

Correction du facteur de puissance distribuée

Dans la correction du facteur de puissance distribuée, les condensateurs sont connectés en parallèle à chaque charge résistive-inductive importante dans l'application industrielle, comme le montre la figure 8. Généralement, un seul condensateur fixe est utilisé pour fournir de la puissance réactive à chaque charge nécessitant une correction du facteur de puissance.

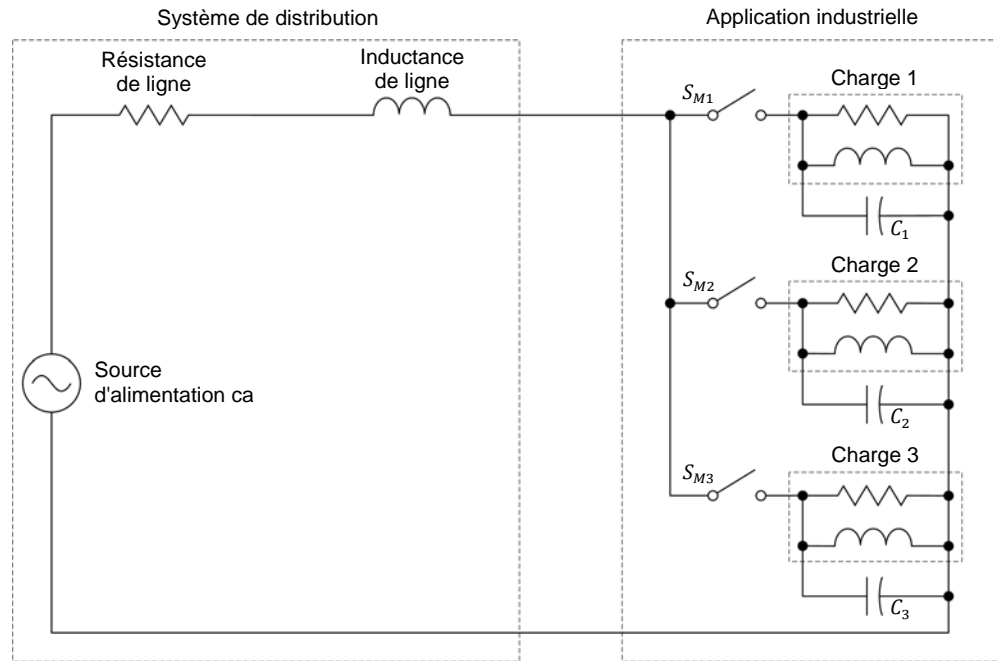


Figure 8. Dans la correction du facteur de puissance distribuée, un condensateur est connecté en parallèle avec chaque charge résistive-inductive importante dans l'application industrielle (schéma monophasé).

Un moteur à induction peut être représenté par une résistance variable en parallèle avec une inductance fixe, tel qu'illustré ci-dessous. La résistance diminue lorsque la charge mécanique appliquée au moteur augmente, mais la réactance inductive varie très peu.

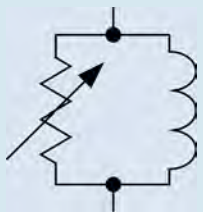


Figure 9. Représentation électrique équivalente d'un moteur à induction.

Lors de l'utilisation de la correction du facteur de puissance distribuée, chaque condensateur doit être dimensionné de manière à fournir la quantité exacte de puissance réactive requise par la charge inductive à laquelle il est connecté. Ce type de correction du facteur de puissance ne peut être utilisé que lorsque la demande de puissance réactive de chaque charge inductive ne varie pas beaucoup dans le temps. De ce fait, la correction du facteur de puissance distribuée est particulièrement adaptée aux moteurs à induction, dont la demande de puissance réactive est presque constante quelle que soit la charge mécanique appliquée au moteur (voir l'encadré pour plus d'informations).

Dans la correction du facteur de puissance distribuée, le condensateur connecté à une charge donnée est mis en circuit ou hors circuit en même temps que la charge. De cette façon, dès que la charge est mise en circuit et commence à tirer de la puissance réactive, le condensateur est également mis en circuit et commence à fournir de la puissance réactive. Cela garantit que le facteur de puissance de chaque charge résistive-inductive est corrigé individuellement à tout moment.



Figure 10. Tout moteur à induction entraînant une charge importante comme le moulin à billes montré ci-dessus nécessite une quantité importante de puissance réactive pour fonctionner. L'utilisation de la correction du facteur de puissance distribuée permet d'éviter que la grande puissance réactive requise par le moteur n'affecte le facteur de puissance de l'application industrielle.

Comparaison de la correction du facteur de puissance : à l'échelle de l'usine et distribuée.

Les deux types de correction du facteur de puissance décrits ci-dessus présentent des avantages qui peuvent être plus appropriés pour certains types d'applications industrielles que pour d'autres. La correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine est généralement moins coûteuse que la correction du facteur de puissance distribuée parce qu'elle nécessite un plus petit nombre de condensateurs pour atteindre un niveau similaire de correction du facteur de puissance. La correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine permet également de corriger le facteur de puissance de l'ensemble de l'application industrielle, tandis que la correction du facteur de puissance distribuée corrige celui de chaque charge individuelle, sans nécessairement garantir que le facteur de puissance de l'application industrielle entière est corrigé.

D'autre part, la correction du facteur de puissance distribuée ne nécessite pas de régulateur de correction du facteur de puissance, car les condensateurs sont mis en circuit ou hors circuit en même temps que la charge à laquelle ils sont connectés. Un autre avantage de la correction du facteur de puissance distribuée est qu'elle compense la demande de puissance réactive directement à chaque charge, réduisant ainsi l'intensité du courant circulant dans les lignes et l'équipement (p. ex. transformateurs de puissance, contacteurs, dispositifs de protection) de l'application industrielle qui transportent la puissance aux charges. Cela permet de réduire la taille et la puissance nominale des lignes électriques et de l'équipement dans l'application industrielle ou de réduire la chaleur qu'ils produisent en raison des pertes de puissance (pertes RI^2). Lorsque la charge est située relativement loin du bus d'alimentation principal de l'application

industrielle, la réduction des pertes de puissance dans les lignes électriques internes de l'application peut représenter des économies d'énergie significatives.

Les avantages de chaque type de correction du facteur de puissance par rapport à l'autre sont résumés dans le tableau 1.

Tableau 1. Avantages de la correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine et de la correction du facteur de puissance distribuée en comparaison l'une par rapport à l'autre.

Correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine	Correction du facteur de puissance distribuée
Habituellement moins dispendieuse en raison du nombre moins élevé de condensateurs requis pour obtenir un niveau similaire de correction du facteur de puissance.	Ne nécessite pas de régulateur de correction du facteur de puissance, car les condensateurs sont mis en circuit ou hors circuit en même temps que la charge à laquelle ils sont connectés.
Garantit que le facteur de puissance de l'ensemble de l'application industrielle est corrigé.	Réduction de la taille et de la puissance nominale des lignes et de l'équipement dans l'application industrielle qui alimentent les charges ou réduction de la chaleur produite en raison des pertes de puissance (pertes RJ^2) dans ces lignes et cet équipement.

Correction du facteur de puissance dans les circuits triphasés

Pour faciliter la compréhension des principes de la correction du facteur de puissance, tous les schémas de circuit que vous avez étudiés jusqu'à présent dans ce cours sont des circuits monophasés. Dans les applications industrielles, cependant, la correction du facteur de puissance est généralement mise en œuvre dans des circuits triphasés. En effet, la plupart des applications industrielles contiennent des charges résistives et inductives qui fonctionnent avec une alimentation triphasée.

Les principes de la correction du facteur de puissance dans les circuits triphasés sont identiques à ceux de la correction du facteur de puissance dans les circuits monophasés. La seule différence est que tout condensateur utilisé pour la correction du facteur de puissance dans une phase doit être reproduit dans les deux autres phases pour assurer une correction égale (c.-à-d. équilibrée) dans les trois phases. Cela est illustré dans la figure 11. Dans cet exemple, la banque de condensateurs commutés utilisée pour mettre en œuvre la correction du facteur de puissance est constituée de deux groupes de trois condensateurs connectés en triangle. Chaque groupe de condensateurs peut être connecté en parallèle avec la charge triphasée via un commutateur triphasé (S_1 et S_2 dans la figure 11).

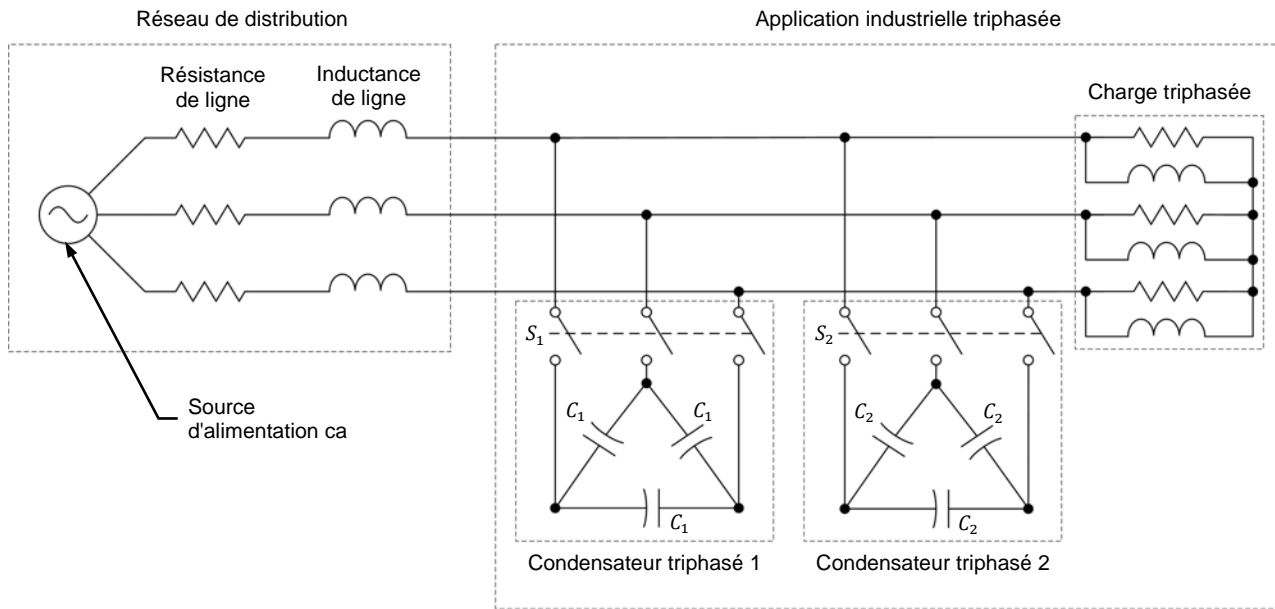


Figure 11. Correction du facteur de puissance dans une application industrielle triphasée utilisant une banque triphasée de condensateurs commutés.

Comme le montre la figure 11, chaque groupe de trois condensateurs de la batterie de condensateurs commutés est connecté dans une configuration en triangle. Cela est dû au fait que l'utilisation de condensateurs connectés dans une configuration en triangle pour la correction du facteur de puissance présente des avantages par rapport aux condensateurs connectés dans une configuration en étoile. Le premier avantage d'utiliser des condensateurs connectés en triangle au lieu de condensateurs connectés en étoile est que la correction du facteur de puissance est moins déséquilibrée lorsqu'un des condensateurs d'un groupe tombe en panne et devient ouvert. Par conséquent, cela limite le déséquilibre de tension résultant d'une correction du facteur de puissance déséquilibrée causée par une défaillance de l'un des condensateurs d'un groupe. Un autre avantage de la configuration en triangle par rapport à la configuration en étoile est qu'elle empêche les courants de troisième **harmonique** de circuler dans les condensateurs. Les courants de troisième harmonique sont indésirables car ils peuvent causer des problèmes dans le réseau électrique.



Figure 12. Exemple d'une unité de correction du facteur de puissance utilisée pour la correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine. Notez la banque de condensateurs située au bas de l'appareil.

SOMMAIRE DES MANIPULATIONS

Les Manipulations sont divisées dans les sections suivantes :

- Montage et câblage
- Application industrielle contenant une charge purement résistive
- Application industrielle contenant des charges résistives et inductives
- Correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine
- Correction du facteur de puissance distribuée appliquée à une application industrielle triphasée

MANIPULATIONS



Des tensions élevées sont présentes dans cet exercice de laboratoire. Ne faites ou modifiez pas de connexion de prise banane lorsque le système est sous tension, sauf indication contraire.

Montage et câblage

Dans cette section, vous installerez l'équipement nécessaire à l'étude de la correction du facteur de puissance d'une application industrielle contenant des charges résistives et inductives.

1. Reportez-vous au Tableau d'utilisation de l'équipement dans l'Annexe A afin d'obtenir la liste de l'équipement requis afin d'effectuer cet exercice.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Installez l'équipement requis dans le Poste de travail.



Avant d'accoupler des machines tournantes, assurez-vous absolument que les machines soient mises hors tension afin d'éviter que toute machine ne démarre par inadvertance.

Accouplez mécaniquement le **Moteur à cage à quatre pôles** au **Dynamomètre/Bloc d'alimentation à quatre quadrants** à l'aide d'une courroie crantée.

2. Assurez-vous que les interrupteurs d'alimentation ca et cc du **Bloc d'alimentation** sont réglés à la position **O** (éteint), puis connectez le **Bloc d'alimentation** à une sortie d'alimentation ca triphasée.

Assurez-vous que l'interrupteur d'alimentation principal du **Dynamomètre/Bloc d'alimentation à quatre quadrants** est réglé à la position **O** (éteint), puis connectez son **Alimentation** à une sortie d'alimentation ca.

Connectez l'**Alimentation** de l'**Interface d'acquisition de données et de commande** à un bloc d'alimentation ca de 24 V. Allumez le bloc d'alimentation ca de 24 V.

3. Connectez le port USB de l'**Interface d'acquisition de données et de commande** à un port USB de l'ordinateur hôte.

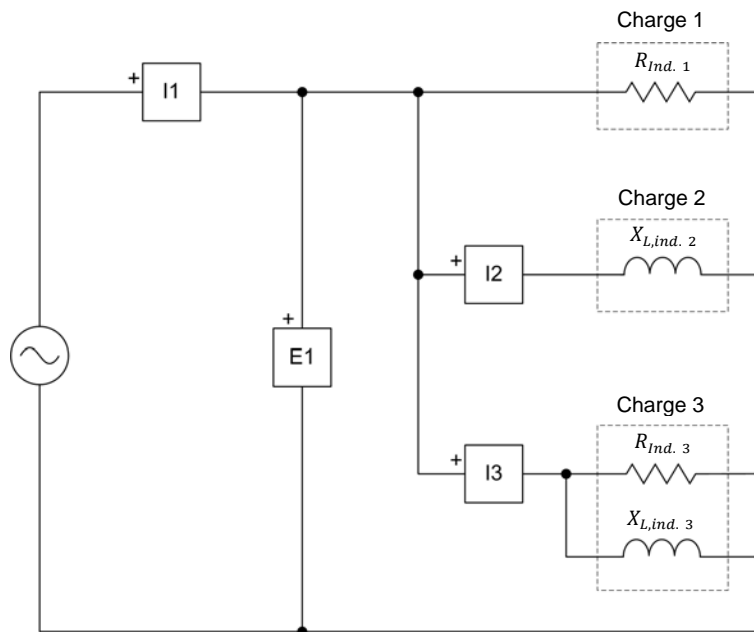
Connectez le port USB du **Dynamomètre/Bloc d'alimentation à quatre quadrants** à un port USB de l'ordinateur hôte.

4. Allumez le **Dynamomètre/Bloc d'alimentation à quatre quadrants**, puis réglez le commutateur **Mode de fonctionnement** à **Dynamomètre**. Ce réglage permet au **Dynamomètre/Bloc d'alimentation à quatre quadrants** de fonctionner comme un moteur d'entraînement, un frein ou les deux, selon la fonction sélectionnée.

5. Allumez l'ordinateur hôte, puis lancez le logiciel **LVDAC-EMS**.

Dans la fenêtre **Démarrage de LVDAC-EMS**, assurez-vous que l'**Interface d'acquisition de données et de commande** et le **Dynamomètre/Bloc d'alimentation à quatre quadrants** sont détectés. Assurez-vous que la fonction **Instrumentation informatisée** est disponible pour l'**Interface d'acquisition de données et de commande**. De même, sélectionnez la tension et la fréquence du réseau qui correspondent à la tension et la fréquence du réseau local d'alimentation ca, puis cliquez sur le bouton **OK** pour fermer la fenêtre **Démarrage de LVDAC-EMS**.

6. Connectez l'équipement tel que montré dans la figure 13. Utilisez une seule phase du **Bloc d'alimentation** pour mettre en œuvre la source d'alimentation ca. Utilisez une banque de résistances dans la **Charge résistive** pour implémenter chacune des deux résistances de charge ($R_{Ind. 1}$ et $R_{Ind. 3}$) dans le circuit, et utilisez une banque de bobines dans la **Charge inductive** pour implémenter chacune des deux bobines de charge ($X_{L,ind. 2}$ et $X_{L,ind. 3}$). Dans le circuit de la figure 13, la source d'alimentation ca représente une phase du système de distribution du fournisseur d'électricité. La Charge 1, la Charge 2 et la Charge 3 représentent les différentes charges résistives et inductives dans une application industrielle qui sont connectées à cette phase du système de distribution. La Charge 1 est une charge résistive fixe qui représente des dispositifs purement résistifs dans l'application, tels que des systèmes de chauffage et d'éclairage. La Charge 2 représente les charges de l'application industrielle qui tirent la plus grande partie de la puissance réactive (p. ex. des transformateurs de puissance qui sont très peu chargés). La Charge 3 représente les charges de l'application qui utilisent à la fois de la puissance active et de la puissance réactive, comme des moteurs à induction.



Réseau d'alimentation ca local		Valeurs de résistance des différentes charges (Ω)		Valeurs de réactance des différentes charges (Ω)	
Tension (V)	Fréquence (Hz)	$R_{Ind. 1}$	$R_{Ind. 3}$	$X_{L,ind. 2}$	$X_{L,ind. 3}$
120	60	171	∞	∞	∞
220	50	629	∞	∞	∞
240	50	686	∞	∞	∞
220	60	629	∞	∞	∞

Figure 13. Source d'alimentation ca alimentant une application industrielle contenant des charges résistives et inductives.

7. Effectuez les réglages des commutateurs nécessaires sur la **Charge résistive** et sur la **Charge inductive** afin que les résistances de charge $R_{Ind. 1}$ et $R_{Ind. 3}$, de même que les réactances de charge $X_{L,ind. 2}$ et $X_{L,ind. 3}$ de l'application industrielle, soient égales aux valeurs indiquées dans le tableau de la figure 13. Comme vous pouvez le voir, toutes les valeurs de résistance et de réactance de la Charge 2 et de la Charge 3 sont réglées à l'infini. Dans la pratique, cela signifie que ces charges sont désactivées, ne laissant que la Charge 1 en circuit.



Les valeurs de résistance, de réactance inductive et de réactance capacitive utilisées dans les circuits de ce cours dépendent de la tension et de la fréquence du réseau local d'alimentation ca. Lorsque nécessaire, un tableau sous le diagramme de circuit indique la valeur de chaque composant pour des tensions du réseau d'alimentation ca de 120 V, 220 V et 240 V, et pour des fréquences du réseau d'alimentation ca de 50 Hz et 60 Hz. Assurez-vous d'utiliser les valeurs de composants correspondant à la tension et la fréquence du réseau local d'alimentation ca.



L'Annexe C indique les réglages des commutateurs nécessaires sur la **Charge résistive**, la **Charge inductive** et la **Charge capacitive** pour obtenir les diverses valeurs de résistance (ou de réactance) requises.

8. Dans **LVDAC-EMS**, ouvrez la fenêtre **Appareils de mesure**. Effectuez les réglages nécessaires pour mesurer la valeur efficace (ca) de la tension $E_{Ind.}$ (entrée **E1**) et du courant $I_{Ind.}$ (entrée **I1**) de l'application industrielle. Réglez trois appareils pour mesurer la puissance active $P_{Ind.}$ fournie à l'application industrielle, la puissance réactive $Q_{Ind.}$ que l'application industrielle échange avec le système de distribution (c.-à-d. la source d'alimentation ca) et la puissance apparente $S_{Ind.}$ fournie à l'application industrielle. Dans les trois cas, utilisez la fonction de mesure **PQS1 (E1, I1)**. Finalement, réglez un appareil pour mesurer le facteur de puissance $FP_{Ind.}$ de l'application industrielle [fonction de mesure **PF (E1, I1)**].

Application industrielle contenant une charge purement résistive

Dans cette section, vous allumerez la source d'alimentation ca et mesurerez les différents paramètres de l'application industrielle. Vous analyserez ensuite les valeurs mesurées et déterminerez si une correction du facteur de puissance est nécessaire pour une application industrielle contenant une charge purement résistive.

9. Sur le **Bloc d'alimentation**, allumez la source d'alimentation ca triphasée.
10. Dans la fenêtre **Appareils de mesure**, mesurez les valeurs de la tension $E_{Ind.}$, du courant $I_{Ind.}$, de la puissance apparente $S_{Ind.}$, de la puissance active $P_{Ind.}$, de la puissance réactive $Q_{Ind.}$ et du facteur de puissance $FP_{Ind.}$ de l'application industrielle. Notez les valeurs ci-dessous.

Tension $E_{Ind.}$ = _____ V

Courant $I_{Ind.}$ = _____ A

Puissance active $P_{Ind.}$ = _____ W

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Puissance réactive $Q_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$ var

Puissance apparente $S_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$ VA

Facteur de puissance $FP_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$

11. A partir des valeurs enregistrées à l'étape précédente, est-il nécessaire de corriger le facteur de puissance d'une application industrielle ne contenant qu'une charge purement résistive ? Expliquez brièvement.

Application industrielle contenant des charges résistives et inductives

Dans cette section, vous mettrez en circuit la Charge 2 de l'application industrielle et mesurerez les différents paramètres de l'application industrielle. Vous analyserez ensuite les valeurs mesurées et déterminerez si une correction du facteur de puissance est nécessaire pour une application industrielle contenant des charges résistives et inductives.

12. Effectuez les réglages des commutateurs nécessaires sur la **Charge inductive** afin que la réactance $X_{L,ind. 2}$ soit égale à la valeur indiquée dans le tableau 2. Ces réglages des commutateurs mettent la Charge 2 de l'application industrielle en circuit. Ne modifiez pas les autres réglages des commutateurs sur la **Charge résistive** et la **Charge inductive**.

Tableau 2. Valeurs de résistance et de réactance à utiliser pour les Charges 1, 2 et 3 de l'application industrielle.

Réseau local d'alimentation ca		Charge 1	Charge 2	Charge 3	
Tension (V)	Fréquence (Hz)	$R_{Ind. 1}$ (Ω)	$X_{L,ind. 2}$ (Ω)	$R_{Ind. 3}$ (Ω)	$X_{L,ind. 3}$ (Ω)
120	60	171	171	∞	∞
220	50	629	629	∞	∞
240	50	686	686	∞	∞
220	60	629	629	∞	∞

13. Dans la fenêtre **Appareils de mesure**, mesurez les valeurs de la tension $E_{Ind.}$, du courant $I_{Ind.}$, de la puissance apparente $S_{Ind.}$, de la puissance active $P_{Ind.}$, de la puissance réactive $Q_{Ind.}$ et du facteur de puissance $FP_{Ind.}$ de l'application industrielle. Notez les valeurs ci-dessous.

Tension $E_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Courant $I_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$ A

Property of Festo Didactic

Sale and/or reproduction forbidden

Puissance active $P_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$ W

Puissance réactive $Q_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$ var

Puissance apparente $S_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$ VA

Facteur de puissance $FP_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$

- 14.** Comparez les valeurs des paramètres de l'application industrielle mesurées à l'étape précédente (charge résistive-inductive) à celles mesurées à l'étape 10 (charge purement résistive). Qu'arrive-t-il lorsque la charge inductive est ajoutée à la charge purement résistive ?

- 15.** Le facteur de puissance $FP_{Ind.}$ de l'application industrielle noté à l'étape précédente est-il acceptable ? Expliquez brièvement pourquoi en relation avec la facture d'électricité de l'application industrielle.

16. Compte tenu des paramètres de l'application industrielle mesurés aux étapes 10 et 13, que se passerait-il si une résistance et une bobine représentant l'impédance du système de distribution étaient connectées en série avec la source d'alimentation ca lorsque la charge inductive est mise en circuit ? Expliquez brièvement.

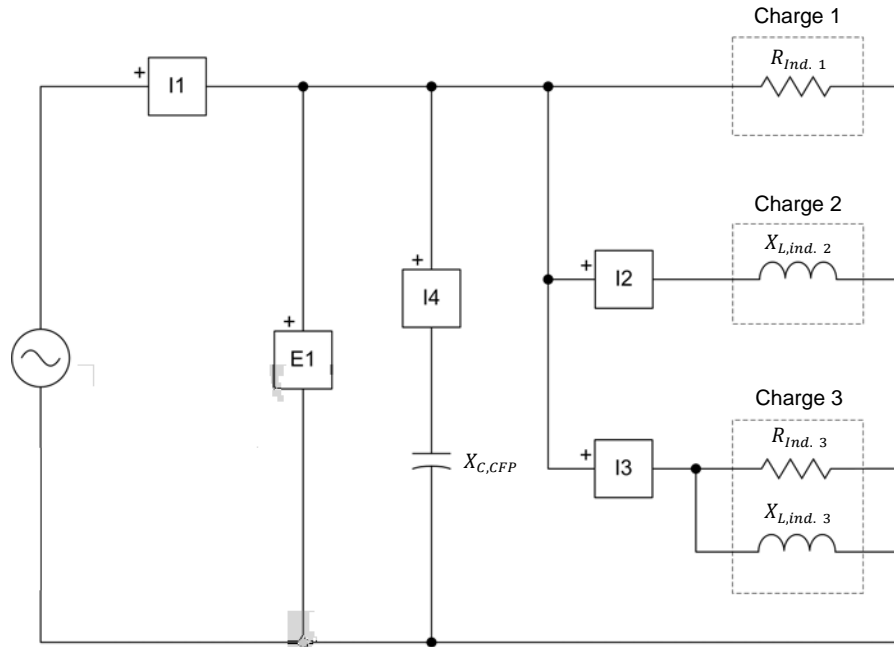
17. Sur le **Bloc d'alimentation**, éteignez la source d'alimentation ca triphasée.

Correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine

Dans cette section, vous connecterez un condensateur en parallèle avec les charges de l'application industrielle pour mettre en œuvre la correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine. Vous allumerez la source d'alimentation ca et ajusterez la réactance du condensateur pour que le facteur de puissance de l'application industrielle soit aussi proche que possible de l'unité. Vous mesurerez les différents paramètres de l'application industrielle. Vous analyserez ensuite les résultats en comparant les paramètres mesurés lorsque le facteur de puissance de l'application est compensé à ceux mesurés lorsque le facteur de puissance de l'application n'est pas compensé (enregistré dans la section précédente).

18. Modifiez les connexions de l'équipement afin d'obtenir le circuit montré dans la figure 14. Notez que, dans le circuit, un condensateur est ajouté et connecté en parallèle avec les charges de l'application industrielle. Connectez les trois banques de condensateurs de la **Charge capacitive** en parallèle pour implémenter ce condensateur. De plus, une entrée de courant supplémentaire est connectée en série avec le condensateur afin de permettre la mesure de la quantité de puissance réactive qu'il fournit. Toutes les autres connexions de circuit restent les mêmes.

Comme vous pouvez le voir dans le montage de l'équipement, le facteur de puissance de l'application industrielle est corrigé à l'aide d'une correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine (c-à-d. qu'une seule banque de condensateurs commutés est utilisée pour corriger le facteur de puissance de l'application industrielle entière).



Réseau local d'alimentation ca		Résistance des différentes charges (Ω)		Réactance des différentes charges (Ω)		Réactance du condensateur de CFP (Ω)
Tension (V)	Fréquence (Hz)	$R_{Ind. 1}$	$R_{Ind. 3}$	$X_{L,ind. 2}$	$X_{L,ind. 3}$	$X_{C,CFP}$
120	60	171	∞	171	∞	∞
220	50	629	∞	629	∞	∞
240	50	686	∞	686	∞	∞
220	60	629	∞	629	∞	∞

Figure 14. Source d'alimentation ca alimentant une application industrielle contenant des charges résistives et inductives avec une correction du facteur de puissance.

19. Sur la **Charge capacitive**, effectuez le réglages des commutateurs nécessaires afin que la réactance $X_{C,CFP}$ du condensateur de correction du facteur de puissance soit infinie (aucune correction du facteur de puissance), tel qu'indiqué dans le tableau de la figure 14.
20. Dans la fenêtre **Appareils de mesure**, effectuez les réglages nécessaires afin de mesurer la quantité de puissance réactive $Q_{Charge 2}$ échangée avec la Charge 2 [fonction de mesure **PQS (E1, I2)**], la quantité de puissance réactive $Q_{Charge 3}$ échangée par la Charge 3 [fonction de mesure **PQS (E1, I3)**] et la quantité de puissance réactive $Q_{C,CFP}$ échangée par le condensateur de correction du facteur de puissance [fonction de mesure **PQS (E1, I4)**].
21. Sur le **Bloc d'alimentation**, allumez la source d'alimentation ca triphasée.

- 22.** Sur la **Charge capacitive**, effectuez les réglages des commutateurs nécessaires afin que le facteur de puissance $FP_{Ind.}$ de l'application industrielle indiqué dans la fenêtre **Appareils de mesure** soit aussi près que possible de l'unité.
- 23.** Sur la **Charge capacitive**, effectuez les réglages des commutateurs nécessaires afin que le facteur de puissance $FP_{Ind.}$ de l'application industrielle indiqué dans **LVDAC-EMS** soit aussi près que possible de l'unité.

Notez ci-dessous la réactance $X_{C,CFP}$ du condensateur utilisée pour corriger le facteur de puissance de l'application industrielle lorsque les Charges 1 et 2 sont mises en circuit.

Réactance $X_{C,CFP} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

Comparez la réactance $X_{C,CFP}$ du condensateur de correction du facteur de puissance que vous venez de noter à la réactance $X_{L,ind. 2}$ de la Charge 2. Les deux valeurs sont-elles égales, tel que prévu en théorie ?

Oui Non

- 24.** Dans la fenêtre **Appareils de mesure**, mesurez les valeurs de la tension $E_{Ind.}$, du courant $I_{Ind.}$, de la puissance apparente $S_{Ind.}$, de la puissance active $P_{Ind.}$, de la puissance réactive $Q_{Ind.}$ et du facteur de puissance $FP_{Ind.}$ de l'application industrielle. Notez les valeurs ci-dessous.

Tension $E_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

Courant $I_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$

Puissance active $P_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ W}$

Puissance réactive $Q_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ var}$

Puissance apparente $S_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ VA}$

Facteur de puissance $FP_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$

- 25.** Comparez les paramètres de l'application industrielle mesurés à l'étape précédente à ceux mesurés à l'étape 13 pour répondre aux trois questions suivantes à propos des effets sur la correction du facteur de puissance de la connexion d'un condensateur en parallèle avec le bus d'alimentation principal de l'application.

Qu'arrive-t-il à la quantité de puissance réactive $Q_{Ind.}$ que l'application industrielle échange avec le système de distribution et à la quantité de puissance apparente $S_{Ind.}$ fournie à l'application industrielle ? Expliquez brièvement.

Qu'arrive-t-il à l'intensité du courant $I_{Ind.}$ que l'application industrielle tire du système de distribution ? Expliquez brièvement.

Qu'arrive-t-il au facteur de puissance $FP_{Ind.}$ de l'application industrielle ? Expliquez brièvement.

- 26.** D'après les observations que vous avez faites jusqu'à présent, expliquez l'effet de ramener le facteur de puissance $FP_{Ind.}$ de l'application industrielle à l'unité sur la consommation d'électricité (c.-à-d. sur la facture d'électricité) de l'application.

27. Dans la fenêtre **Appareils de mesure**, mesurez la quantité de puissance réactive $Q_{Charge\ 2}$ échangée par la Charge 2, de même que la quantité de puissance réactive $Q_{C,CFP}$ échangée par le condensateur de correction du facteur de puissance. Notez les valeurs ci-dessous.

Puissance réactive $Q_{Charge\ 2} = \underline{\hspace{2cm}}$ var

Puissance réactive $Q_{C,CFP} = \underline{\hspace{2cm}}$ var

Que pouvez-vous conclure des valeurs de puissance réactive $Q_{Ind.}$ qui viennent d'être enregistrées, compte tenu de la quantité de puissance réactive de l'application industrielle enregistrée à l'étape 24 ?

28. Effectuez les réglages des commutateurs nécessaires sur la **Charge résistive** et la **Charge inductive** afin que la résistance $R_{Ind.\ 3}$ et la réactance $X_{L,ind.\ 3}$ soient égales aux valeurs indiquées dans le tableau 3. Ces réglages des commutateurs mettent la Charge 3 de l'application industrielle en circuit. Ne modifiez pas les autres réglages des commutateurs sur la **Charge résistive** et la **Charge inductive**.

Tableau 3. Valeurs de résistance et de réactance à utiliser pour les Charges 1, 2 et 3 de l'application industrielle.

Réseau local d'alimentation ca		Résistance des différentes charges (Ω)		Réactance des différentes charges (Ω)	
Tension (V)	Fréquence (Hz)	$R_{Ind.\ 1}$	$R_{Ind.\ 3}$	$X_{L,ind.\ 2}$	$X_{L,ind.\ 3}$
120	60	171	240	171	171
220	50	629	880	629	629
240	50	686	960	686	686
220	60	629	880	629	629

29. Dans la fenêtre **Appareils de mesure**, mesurez les valeurs de la tension $E_{Ind.}$, du courant $I_{Ind.}$, de la puissance apparente $S_{Ind.}$, de la puissance active $P_{Ind.}$, de la puissance réactive $Q_{Ind.}$ et du facteur de puissance $FP_{Ind.}$ de l'application industrielle. Notez les valeurs ci-dessous.

Tension $E_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Courant $I_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$ A

Puissance active $P_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$ W

Property of Festo Didactic

Sale and/or reproduction forbidden

Puissance réactive $Q_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$ var

Puissance apparente $S_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$ VA

Facteur de puissance $FP_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$

- 30.** Compte tenu des paramètres de l'application industrielle mesurés à l'étape précédente, est-il acceptable d'utiliser un condensateur fixe pour corriger le facteur de puissance d'une application industrielle dont la demande de puissance réactive varie considérablement (par exemple lorsqu'une charge est mise en circuit ou hors circuit) ? Expliquez brièvement.

- 31.** Sur la **Charge capacitive**, effectuez les réglages des commutateurs nécessaires afin que le facteur de puissance $FP_{Ind.}$ de l'application industrielle indiqué dans la fenêtre **Appareils de mesure** soit aussi près que possible de l'unité.

Notez la réactance $X_{C,CFP}$ du condensateur utilisée pour corriger le facteur de puissance de l'application industrielle lorsque les Charges 1, 2 et 3 sont mises en circuit.

Réactance $X_{C,CFP} = \underline{\hspace{2cm}}$ Ω

Comparez la réactance $X_{C,CFP}$ du condensateur de correction du facteur de puissance que vous venez de noter à la réactance combinée de la Charge 2 et 3. Les deux valeurs sont-elles égales, tel que prévu en théorie ?

Oui Non

- 32.** Dans la fenêtre **Appareils de mesure**, mesurez les valeurs de la tension $E_{Ind.}$, du courant $I_{Ind.}$, de la puissance apparente $S_{Ind.}$, de la puissance active $P_{Ind.}$, de la puissance réactive $Q_{Ind.}$ et du facteur de puissance $FP_{Ind.}$ de l'application industrielle. Notez les valeurs ci-dessous.

Tension $E_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Courant $I_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$ A

Puissance active $P_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$ W

Puissance réactive $Q_{Ind.} = \underline{\hspace{2cm}}$ var

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Puissance apparente $S_{Ind.} =$ _____ VA

Facteur de puissance $FP_{Ind.} =$ _____

- 33.** Dans la fenêtre **Appareils de mesure**, mesurez la quantité de puissance réactive $Q_{Charge\ 2}$ échangée par la Charge 2, de même que la quantité de puissance réactive $Q_{Charge\ 3}$ échangée par la Charge 3. Calculez la quantité totale de puissance réactive $Q_{Charge,totale}$ échangée par les charges. Finalement, mesurez la quantité de puissance réactive $Q_{C,CFP}$ échangée par le condensateur de correction du facteur de puissance. Notez toutes les valeurs ci-dessous.

Puissance réactive $Q_{Charge\ 2} =$ _____ var

Puissance réactive $Q_{Charge\ 3} =$ _____ var

Puissance réactive $Q_{Charge,totale} =$ _____ var

Puissance réactive $Q_{C,CFP} =$ _____ var

La quantité de puissance réactive $Q_{C,CFP}$ échangée par le condensateur de correction du facteur de puissance est-elle virtuellement égale à la quantité totale de puissance réactive $Q_{Charge,totale}$, indiquant que le condensateur fournit la puissance réactive requise par les charges ?

Oui Non

- 34.** Les résultats obtenus et les observations faites dans cette partie de l'exercice confirment-ils qu'une banque de condensateurs commutés et un régulateur pour mettre en circuit et hors circuit les condensateurs peuvent être utilisés pour corriger le facteur de puissance dans une application industrielle ayant une demande variable en puissance réactive ?

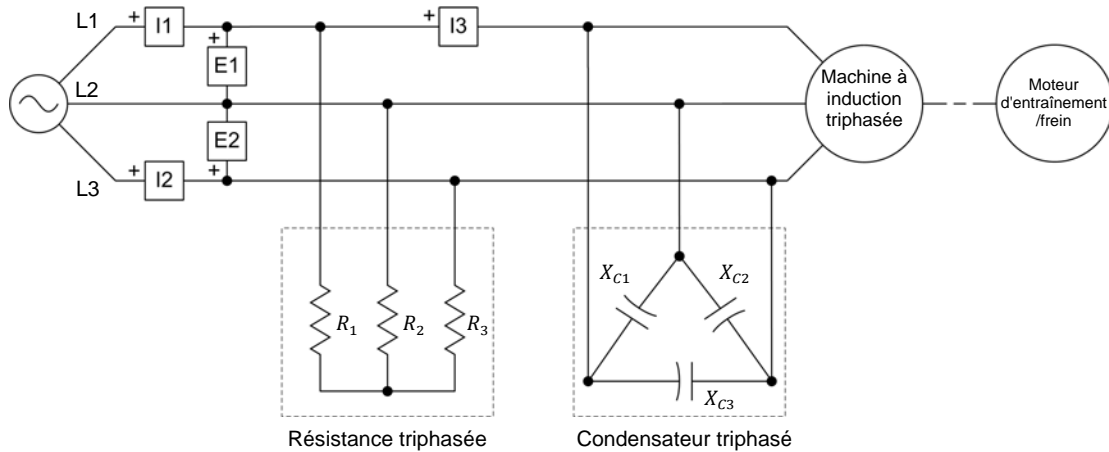
Oui Non

- 35.** Sur le **Bloc d'alimentation**, éteignez la source d'alimentation ca triphasée.

Correction du facteur de puissance distribuée appliquée à une application industrielle triphasée

Dans cette section, vous monterez un circuit composé d'une source d'alimentation ca triphasée alimentant une charge résistive triphasée et un moteur à induction accouplé à un frein à couple constant. Vous connecterez un condensateur triphasé en parallèle avec le moteur à induction pour mettre en œuvre la correction du facteur de puissance distribuée. Vous varierez la charge mécanique appliquée au moteur et observerez l'effet sur la correction du facteur de puissance distribuée.

36. Connectez l'équipement tel que montré dans la figure 15. Utilisez le **Bloc d'alimentation** pour mettre en œuvre la source d'alimentation ca. Utilisez la **Charge résistive** pour mettre en œuvre la résistance triphasée et la **Charge capacitive** pour mettre en œuvre le condensateur triphasé. La résistance triphasée représente des charges purement résistives dans l'application, telles que les systèmes de chauffage et d'éclairage, tandis que le condensateur triphasé est utilisé pour la correction du facteur de puissance distribuée (c.-à-d. pour la correction du facteur de puissance du moteur à induction triphasé dans l'application industrielle).



Réseau local d'alimentation ca		Résistance de la résistance triphasée	Réactance du condensateur triphasé
Tension (V)	Fréquence (Hz)	R_1, R_2 et R_3 (Ω)	X_{C1}, X_{C2} et X_{C3} (Ω)
120	60	240	∞
220	50	880	∞
240	50	960	∞
220	60	880	∞

Figure 15. Source d'alimentation ca triphasée alimentant un moteur à induction.

37. Effectuez les réglages des commutateurs nécessaires sur la **Charge résistive** afin que la résistance de la résistance triphasée soit égale à la valeur indiquée dans le tableau de la figure 15.

Effectuez les réglages des commutateurs nécessaires sur la **Charge capacitive** afin que la réactance du condensateur triphasé soit infinie (aucune correction du facteur de puissance).

38. Dans la fenêtre **Appareils de mesure**, effectuez les réglages nécessaires pour mesurer la valeur efficace (ca) de la tension $E_{Ind.}$ (entrée **E1**) et du courant $I_{Ind.}$ (entrée **I1**) de ligne de l'application industrielle, de même que la valeur efficace du courant $I_{Mot.}$ dans le moteur à induction (entrée **I3**). Réglez trois appareils pour mesurer la puissance active $P_{Ind.}$ fournie à l'application industrielle, la puissance réactive $Q_{Ind.}$ que l'application industrielle échange

Property of Festo Didactic

Sale and/or reproduction forbidden

avec le système de distribution (c.-à-d. la source d'alimentation ca) et la puissance apparente $S_{Ind.}$ fournie à l'application industrielle. Dans les trois cas, utilisez la fonction de mesure $PQS1 + PQS2$. Finalement, réglez un appareil pour mesurer le facteur de puissance $FP_{Ind.}$ de l'application industrielle [fonction de mesure $PF (E11, E12)$].

39. Dans LVDAC-EMS, ouvrez la fenêtre **Dynamomètre/Bloc d'alimentation à quatre quadrants**, puis effectuez les réglages suivants :

- Réglez le paramètre *Fonction* à *Moteur d'entraînement/Frein à couple constant négatif*.
- Assurez-vous que le paramètre *Commande de couple* est réglé à *Bouton*.
- Réglez le paramètre *Couple* à 0,00 N·m (0,00 lbf·po).
- Assurez-vous que le paramètre *Rapport de poulie* est réglé à 24:24.
- Réglez le paramètre *Type de thermistance* à *LV Type 2*.
- Assurez-vous que la paramètre *État* est réglé à *Arrêté*.

40. Sur le **Bloc d'alimentation**, allumez la source d'alimentation ca triphasée pour alimenter la charge résistive triphasée et le moteur à induction triphasé.

Dans la fenêtre **Dynamomètre/Bloc d'alimentation à quatre quadrants**, mettez en marche le *Moteur d'entraînement/Frein à couple constant négatif*.

41. Dans LVDAC-EMS, ouvrez la fenêtre **Tableau de données**.

Réglez le **Tableau de données** pour enregistrer la tension $E_{Ind.}$, le courant $I_{Ind.}$, la puissance active $P_{Ind.}$, la puissance réactive $Q_{Ind.}$, la puissance apparente $S_{Ind.}$ et le facteur de puissance $FP_{Ind.}$ de l'application industrielle, ainsi que le courant $I_{Mot.}$ dans le moteur (indiqués dans la fenêtre **Appareils de mesure**). Réglez aussi le **Tableau de données** pour enregistrer le couple $T_{Mot.}$ du moteur à induction et la quantité de puissance mécanique P_M produite par le moteur à induction indiqués dans la fenêtre **Dynamomètre/Bloc d'alimentation à quatre quadrants**.

Cliquez sur le bouton *Enregistrer les données* pour enregistrer les paramètres.

42. Dans la fenêtre **Dynamomètre/Bloc d'alimentation à quatre quadrants**, variez le paramètre *Couple* de 0,00 N·m (0,00 lbf·po) à -1,20 N·m (-10,6 lbf·po) si la fréquence du réseau d'alimentation ca est de 60 Hz, ou de 0,00 N·m (0,00 lbf·po) à -1,40 N·m (-12,4 lbf·po) si la fréquence du réseau d'alimentation ca est de 50 Hz, par pas de 0,10 N·m (0,89 lbf·po). À chaque pas, attendez que le moteur à induction se stabilise, puis cliquez sur le bouton *Enregistrer les données* dans le **Tableau de données** pour enregistrer les paramètres.

Property of Festo Didactic

Sale and/or reproduction forbidden

43. Observez les données que vous venez d'enregistrer dans le [Tableau de données](#). Décrivez ce qu'il advient de la quantité de puissance réactive absorbée par le moteur à induction triphasé (elle correspond à la puissance réactive $Q_{Ind.}$ de l'application industrielle) lorsque la charge mécanique varie.

Compte tenu de votre réponse à la question précédente, serait-il possible de corriger le facteur de puissance de l'application industrielle en utilisant la correction du facteur de puissance distribuée (c.-à-d. en connectant un condensateur fixe en parallèle avec le moteur à induction) ? Expliquez brièvement.

44. Dans la fenêtre du [Tableau de données](#), sauvegardez les données enregistrées, puis effacez le [Tableau de données](#) sans modifier les paramètres d'enregistrement.
45. Sur la [Charge capacitive](#), effectuez les réglages des commutateurs nécessaires pour corriger le facteur de puissance du moteur à induction triphasé. En d'autres termes, effectuez les réglages des commutateurs nécessaires afin que le facteur de puissance $FP_{Ind.}$ de l'application industrielle indiqué dans la fenêtre [Appareils de mesure](#) soit aussi près que possible de l'unité.

Notez la réactance (X_{C1} , X_{C2} et X_{C3}) du condensateur utilisé pour corriger le facteur de puissance du moteur à induction.

Réactances X_{C1} , X_{C2} et X_{C3} = _____ Ω

46. En utilisant la tension mesurée $E_{Ind.}$, calculez la quantité de puissance réactive Q_{CFP} fournie par le condensateur triphasé utilisé pour la correction du facteur de puissance distribuée.

Puissance réactive du condensateur triphasé Q_{CFP} = _____ var

La valeur calculée est-elle relativement proche (à 75 var près) de la quantité de puissance réactive absorbée par le moteur à induction (voir les données enregistrées à l'étape 42) ?

Oui Non

47. Dans la fenêtre **Dynamomètre/Bloc d'alimentation à quatre quadrants**, réglez le paramètre **Couple** à 0,00 N·m (0,00 lbf·po).
48. Dans la fenêtre **Tableau de données**, cliquez sur le bouton **Enregistrer les données** pour enregistrer les paramètres.
49. Dans la fenêtre **Dynamomètre/Bloc d'alimentation à quatre quadrants**, variez le paramètre **Couple** de 0,00 N·m (0,00 lbf·po) à -1,20 N·m (-10,6 lbf·po) si la fréquence du réseau d'alimentation ca est de 60 Hz, ou de 0,00 N·m (0,00 lbf·po) à -1,40 N·m (-12,4 lbf·po) si la fréquence du réseau d'alimentation ca est de 50 Hz, par pas de 0,10 N·m (0,89 lbf·po). À chaque pas, attendez que le moteur à induction se stabilise, puis cliquez sur le bouton **Enregistrer les données** dans le **Tableau de données** pour enregistrer les paramètres.
50. Dans la fenêtre **Tableau de données**, sauvegardez les données enregistrées.
51. Dans la fenêtre **Dynamomètre/Bloc d'alimentation à quatre quadrants**, arrêtez le **Moteur d'entraînement/Frein à couple constant négatif**.

Sur le **Bloc d'alimentation**, éteignez la source d'alimentation ca triphasée pour arrêter le moteur à induction triphasé.

52. A partir des données qui viennent d'être enregistrées, tracez sur un même graphique les courbes du facteur de puissance $PF_{Ind.}$ de l'application industrielle en fonction de la puissance mécanique P_M produite par le moteur à induction, avec et sans correction du facteur de puissance distribuée.
53. Observez le graphique tracé à l'étape précédente. Le graphique montre-t-il que l'utilisation de la correction du facteur de puissance distribuée pour corriger le facteur de puissance d'une charge résistive-inductive ayant une demande de puissance réactive pratiquement fixe (comme le moteur à induction triphasé) améliore considérablement le facteur de puissance $FP_{Ind.}$ de l'application industrielle ? Expliquez brièvement.

54. Observez les données enregistrées dans le [Tableau de données](#) aux étapes 42 et 49 (c.-à-d. les données obtenues sans et avec correction du facteur de puissance distribuée au moteur à induction, respectivement). Comparez l'intensité du courant $I_{Mot.}$ du moteur à induction mesurée sans correction du facteur de puissance distribuée à celle mesurée avec la correction du facteur de puissance distribuée. Que pouvez-vous conclure ?

Compte tenu de votre réponse à la question précédente, quels sont les effets de l'utilisation de la correction du facteur de puissance distribuée sur les lignes et l'équipement (p. ex., un transformateur de puissance, un contacteur, un dispositif de protection) dans une application industrielle qui transmet l'énergie à un moteur à induction ? Expliquez brièvement.

55. D'après les résultats obtenus dans cette partie de l'exercice, pouvez-vous conclure que la correction du facteur de puissance distribuée peut être utilisée pour corriger le facteur de puissance d'une application industrielle contenant des charges résistives-inductives avec une puissance réactive pratiquement fixe, comme les moteurs à induction ?

Oui Non

56. Fermez [LVDAC-EMS](#), puis éteignez tout l'équipement. Déconnectez tous les câbles et retournez-les à leur emplacement de rangement.

CONCLUSION

Dans cet exercice, vous avez appris comment corriger le facteur de puissance d'une application industrielle dont la demande de puissance réactive est fixe ou variable. Vous avez été introduit aux deux types principaux de correction du facteur de puissance : à l'échelle de l'usine et distribuée. Vous êtes devenu familier avec la correction du facteur de puissance de circuits triphasés.

QUESTIONS DE RÉVISION

1. Qu'est-ce que la correction du facteur de puissance et comment est-elle généralement réalisée ? Expliquez brièvement.

2. Quels sont les quatre principaux effets nuisibles de l'exploitation d'une application industrielle à faible facteur de puissance sur le système de distribution du fournisseur d'électricité et sur l'application industrielle elle-même ?

3. Quels sont les avantages de la correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine par rapport à la correction du facteur de puissance distribuée ?

4. Quels sont les avantages de la correction du facteur de puissance distribuée par rapport à la correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine ?

5. Quel type de configuration (en étoile ou en triangle) est préférable pour une banque triphasée de condensateurs commutés utilisée pour la correction du facteur de puissance ? Expliquez brièvement pourquoi.

Tableau d'utilisation de l'équipement

L'équipement suivant est requis afin d'effectuer les exercices dans ce cours.

Équipement		Exercice
Modèle	Description	1
8823	Bloc d'alimentation	1
30004-2	Bloc d'alimentation ca de 24 V	1
8951-L	Câbles de connexion	1
8331	Charge capacitive	1
8321	Charge inductive	1
8311 ⁽¹⁾	Charge résistive	1
8942	Courroie de distribution	1
8960-C ⁽²⁾	Dynamomètre/Bloc d'alimentation à quatre quadrants	1
9063-B ⁽³⁾	Interface d'acquisition de données et de commande	1
8221-2 ⁽⁴⁾	Moteur à cage à quatre pôles	1
8990	Ordinateur hôte	1
8134 ⁽⁵⁾	Poste de travail	1

(1) Module de Charge résistive avec une tension nominale correspondant à la tension de votre réseau local d'alimentation ca.
Utilisez les variantes de modèle -00, -01, -02, -05, -06, -07 ou -0A.

(2) Le modèle 8960-C consiste du Dynamomètre/Bloc d'alimentation à quatre quadrants, modèle 8960-2, avec l'ensemble de Fonctions standards (commande manuelle), modèle 8968-1, et l'ensemble de Fonctions standards (commande informatisée), modèle 8968-2.

(3) Le modèle 9063-B consiste de l'Interface d'acquisition de données et de commande, modèle 9063, avec l'ensemble de fonctions d'Instrumentation informatisée, modèle 9069-1.

(4) Le modèle 8221-0 peut aussi être utilisé.

(5) Le Poste de travail mobile, modèle 8110, peut également être utilisé.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Glossaire de la terminologie nouvelle

correction du facteur de puissance	La correction du facteur de puissance consiste à augmenter le facteur de puissance d'une charge inductive au plus près de l'unité. Elle est effectuée en connectant les condensateurs à la charge afin de fournir la quantité exacte de puissance réactive dont elle a besoin. Lorsqu'ils sont dimensionnés correctement, les condensateurs fournissent toute la puissance réactive requise par la charge et amènent ainsi le facteur de puissance à l'unité. L'utilisation de la correction du facteur de puissance peut réduire considérablement la facture d'électricité d'un client industriel.
correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine	Technique de correction du facteur de puissance qui utilise une banque de condensateurs commutés afin de maintenir le facteur de puissance d'une application industrielle aussi proche que possible de l'unité. Avec la correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine, la banque de condensateurs commutés est connectée en parallèle au bus d'alimentation principal de l'application industrielle. Un régulateur de correction du facteur de puissance surveille les besoins en puissance réactive de l'application industrielle et détermine quels condensateurs de la batterie doivent être mis en circuit ou hors circuit pour fournir cette quantité de puissance réactive.
correction du facteur de puissance distribuée	Technique de correction du facteur de puissance qui utilise des condensateurs situés aux charges inductives importantes dans une application industrielle. Avec la correction du facteur de puissance distribuée, un condensateur (c.-à-d. un pour chaque phase dans les circuits triphasés) est connecté en parallèle à chaque charge inductive importante dans l'application industrielle. La valeur du condensateur est réglée de manière à fournir toute la puissance réactive absorbée par la charge, rétablissant ainsi le facteur de puissance unitaire pour cette charge. Étant donné qu'un condensateur à valeur fixe est utilisé pour chaque charge, la correction du facteur de puissance distribuée ne peut être utilisée que lorsque la puissance réactive requise de la charge varie très peu (p. ex., un moteur à induction).
harmonique	Une harmonique est une composante de fréquence d'une forme d'onde dont la fréquence est un multiple entier de la fréquence fondamentale de la forme d'onde. Les harmoniques sont hautement indésirables dans tout réseau d'alimentation car parce qu'elles peuvent affecter le fonctionnement d'autre équipement connecté au réseau. Aussi, les harmoniques diminuent le facteur de puissance du réseau et donc sa capacité à transmettre de la puissance active.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Tableau d'impédance pour les modules de charge

Le tableau suivant donne les valeurs d'impédance pouvant être obtenues à l'aide de la Charge résistive, modèle 8311, la Charge inductive, modèle 8321, et la Charge capacitive, modèle 8331. La figure 16 montre les éléments de charge ainsi que les connexions. D'autres combinaisons en parallèle peuvent être utilisées afin d'obtenir les mêmes valeurs d'impédance indiquées.

Tableau 4. Tableau d'impédance pour les modules de charge.

Impédance (Ω)			Position des commutateurs								
120 V 60 Hz	220/230 V 50 Hz/60 Hz	240 V 50 Hz	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1200	4400	4800									
600	2200	2400									
300	1100	1200									
400	1467	1600									
240	880	960									
200	733	800									
171	629	686									
150	550	600									
133	489	533									
120	440	480									
109	400	436									
100	367	400									
92	338	369									
86	314	343									
80	293	320									
75	275	300									
71	259	282									
67	244	267									
63	232	253									
60	220	240									
57	210	229									

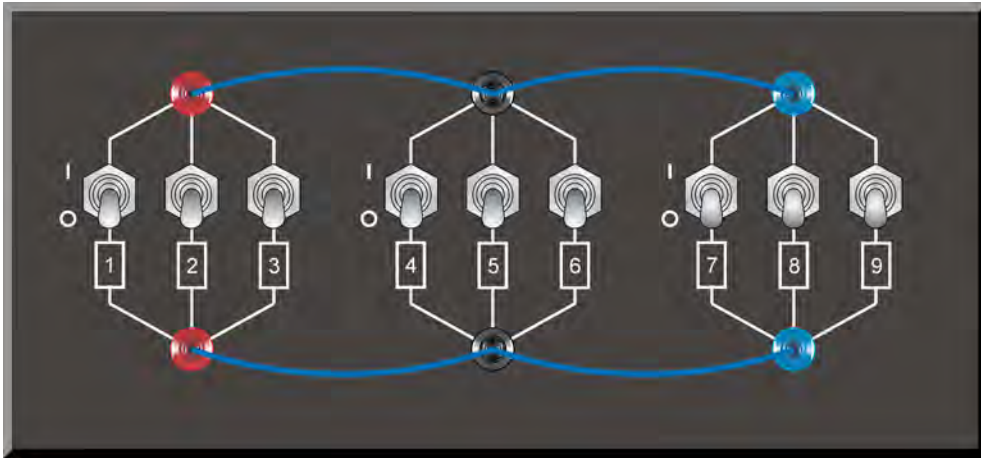
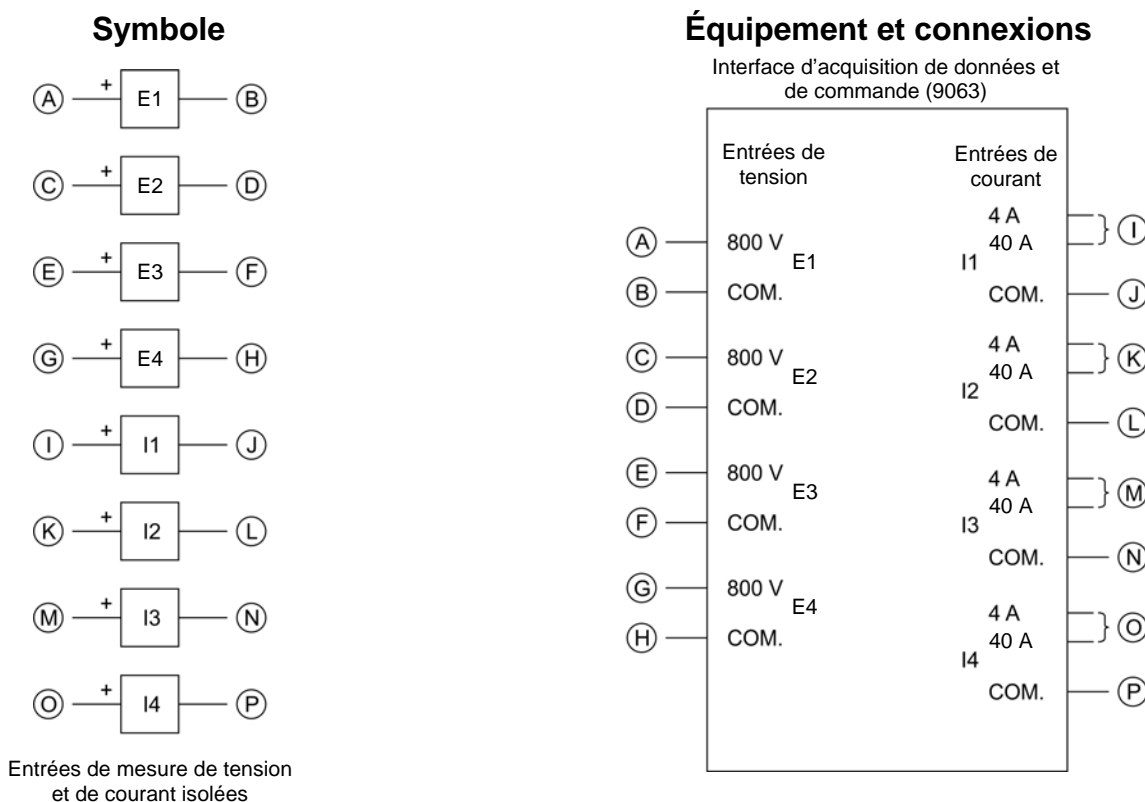


Figure 16. Emplacement des éléments de charge sur la Charge résistive, la Charge inductive et la Charge capacitive, modèles 8311, 8321 et 8331, respectivement.

Symboles des diagrammes de circuit

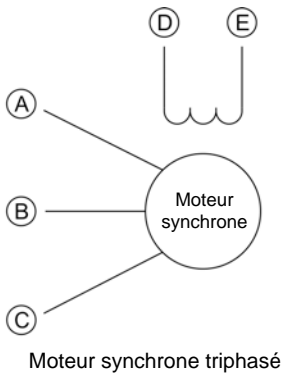
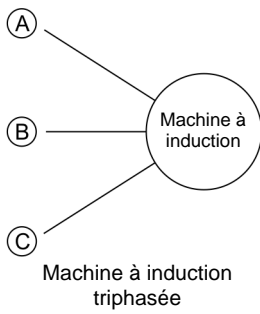
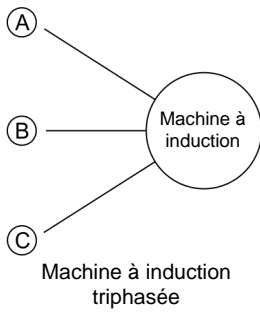
Divers symboles sont utilisés dans les diagrammes de circuit de ce cours. Chaque symbole est une représentation fonctionnelle d'un dispositif électrique particulier pouvant être implémenté à l'aide de l'équipement. L'utilisation de ces symboles simplifie grandement le nombre d'interconnexions devant être montrées dans le diagramme de circuit, rendant ainsi plus facile la compréhension du fonctionnement du circuit.

Pour chaque symbole autre que ceux des sources d'alimentation, des résistances, des bobines et des condensateurs, cette annexe donne le nom du dispositif représenté par le symbole, ainsi que l'équipement et les connexions requis afin de connecter correctement le dispositif à un circuit. Remarquez que les bornes de chaque symbole sont identifiées à l'aide de lettres encadrées. Les mêmes lettres encadrées identifient les bornes correspondantes dans le diagramme Équipement et connexions. Remarquez également que les nombres (lorsque présents) dans les diagrammes Équipement et connexions correspondent à la numérotation des bornes sur l'équipement réel.

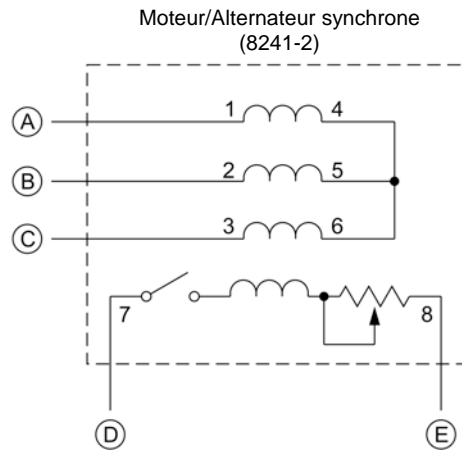
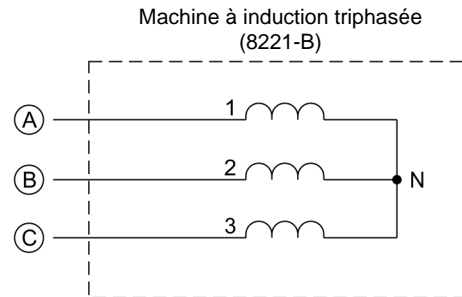
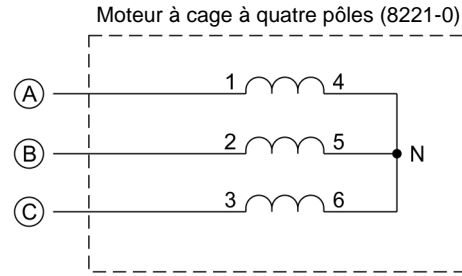


Lorsque le courant aux entrées I1, I2, I3 ou I4 excède 4 A (de façon permanente ou momentanément), utilisez la borne d'entrée de 40 A correspondante et réglez le paramètre Plage de l'entrée correspondante à Élevée dans la fenêtre Réglages d'acquisition de données et de commande de LVDAC-EMS.

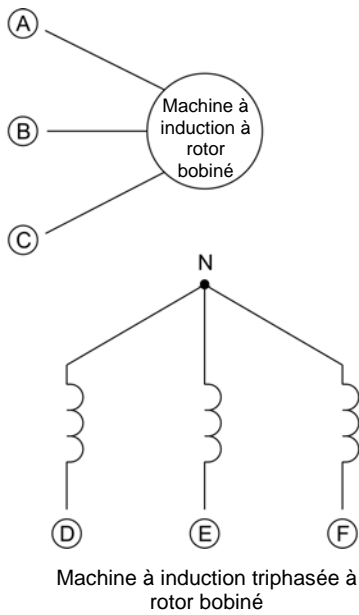
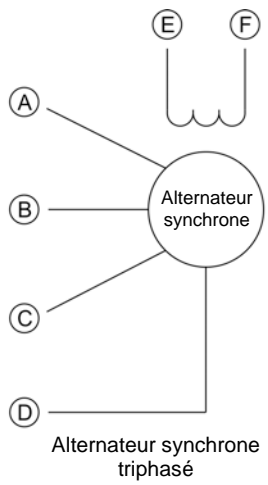
Symbole



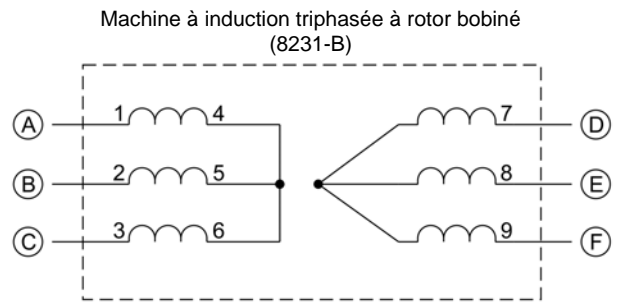
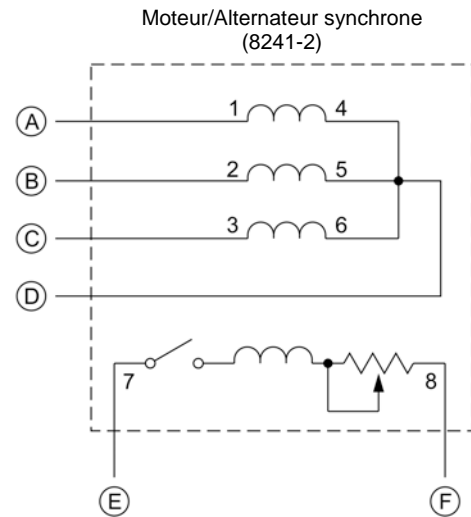
Équipement et connexions



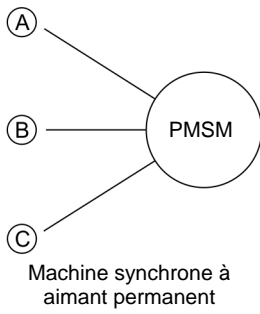
Symbole



Équipement et connexions

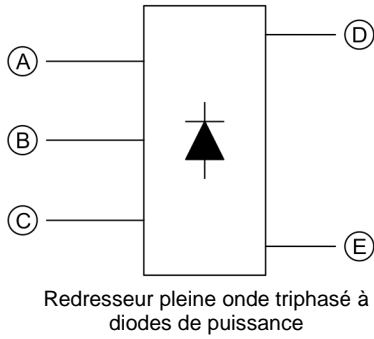
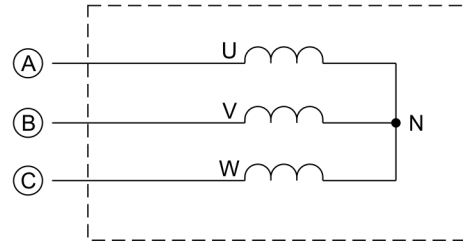


Symbole

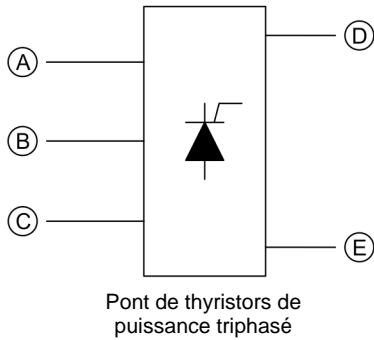
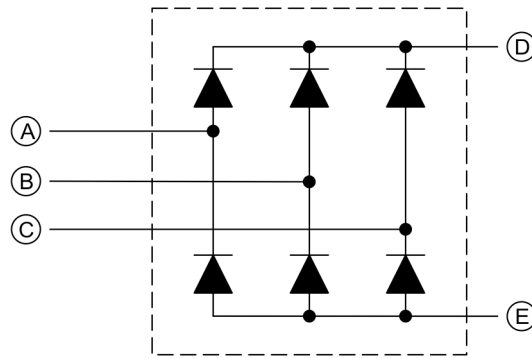


Équipement et connexions

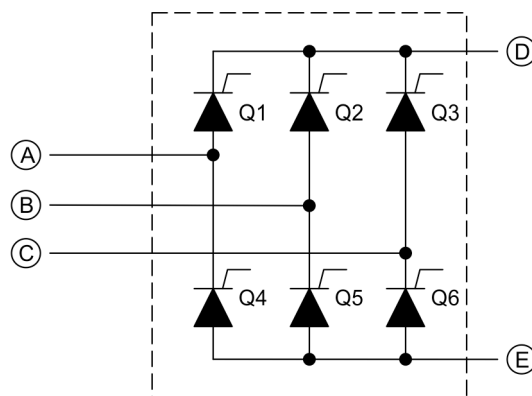
Machine synchrone à aimant permanent (8245)



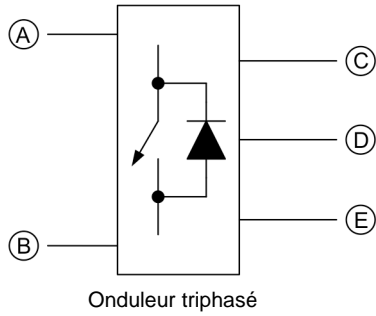
Redresseur et condensateurs de filtrage (8842-A)



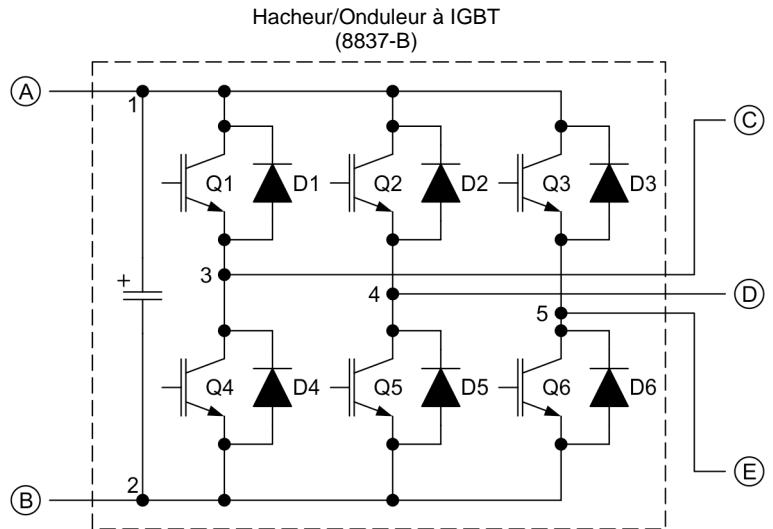
Thyristors de puissance (8841)



Symbole



Équipement et connexions



La représentation d'un interrupteur d'électronique de puissance utilisée dans le symbole d'onduleur triphasé ci-dessus n'est ni un symbole IEC ni un symbole ANSI.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Index de la terminologie nouvelle



Le numéro de page en gras indique l'entrée principale. Reportez-vous au Glossaire de la terminologie nouvelle pour les définitions des nouveaux termes.

correction du facteur de puissance	2 , 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
correction du facteur de puissance à l'échelle de l'usine.....	9 , 10
correction du facteur de puissance distribuée	9 , 10, 11, 12
harmoniques	14

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Bibliographie

Boylestad, Robert L., *Introductory Circuit Analysis*, 11^e édition, Upper Saddle River, Prentice Hall, 2006, ISBN 978-0131730441.

Wildi, Theodore, *Electrical Machines, Drives, and Power Systems*, 6^e édition, Upper Saddle River, Prentice Hall, 2005, ISBN 978-0131776913.