

Régulation de la charge avec la télécommande centralisée

1. Le pic de puissance sous contrôle

La réduction des coûts est l'un des défis permanents auxquels toutes les sociétés distributrices d'énergie doivent faire face. Les coûts de puissance représentent une part importante des dépenses en matière d'énergie. Une réduction de la puissance maximale prélevée (pic de puissance) de quelques points de pourcentage permet déjà de réaliser des économies conséquentes. C'est pourquoi une régulation de la charge à l'aide d'une télécommande centralisée visant à réduire les pics est amortie en quelques années seulement.

2. L'extension du réseau sous contrôle

L'extension du réseau de distribution est une mission qui s'inscrit dans le long terme. Elle entraîne des investissements qui doivent être rémunérés et amortis. Si la consommation peut être répartie de manière optimale sur la journée, il est possible de reporter les renforcements du réseau de distribution à une date ultérieure. La régulation de la charge permet d'atteindre cet objectif et d'économiser des frais d'amortissement et d'intérêts.

3. Une régulation optimale

Pour une société distributrice d'énergie, l'idéal serait que la consommation électrique soit constante sur l'ensemble de la journée. Malheureusement, cela n'arrive jamais. Si la société distributrice d'énergie alimente des zones résidentielles urbaines ou rurales, des industries, des entreprises ou des exploitations agricoles, les pics de charge ont lieu la nuit, le matin ou dans la soirée. Presque tous les réseaux de distribution enregistrent un pic juste avant midi.

Trois procédés sont utilisés pour influencer la charge du réseau:

- Mise en marche de charges uniquement lorsque la charge globale du réseau le permet. C'est par exemple le cas des chauffe-eau et des chauffages par accumulation.
- Coupure de charges lorsque le réseau est très sollicité. C'est par exemple le cas des pompes à chaleur, des climatiseurs, des pompes d'eau souterraine et des machines à laver.
- Mise en marche de groupes de production d'énergie tels que des centrales et des groupes électrogènes.

La «centrale virtuelle» est une autre application de la régulation de charge. Dans le cadre de ce dispositif, une société distributrice d'énergie réduit la charge de son réseau afin d'aider les exploitants d'une centrale à faire face à une panne ou de soutenir une société distributrice partenaire qui subit un pic de charge.

Le régulateur de charge doit respecter la valeur de consigne prédéfinie en termes de puissance (objectif) et commuter les chauffe-eau, chauffages par accumulation, pompes à chaleur, climatiseurs et autres groupes de charge de sorte que cela soit le moins perceptible possible pour les clients de la société distributrice d'énergie. Les heures de fonctionnement et de coupure stipulées dans le contrat doivent être observées. L'objectif doit être contrôlable de manière flexible (à distance et en fonction de l'heure et des événements) afin de refléter les différentes structures tarifaires.

4. Les objets de régulation

Dans une installation de télécommande centralisée, les charges possédant des propriétés physiques identiques sont regroupées en un objet de régulation. Par exemple, la même commande de télécommande centralisée est affectée à autant de chauffe-eau chauffant 6 heures par jour qu'il faut pour que la puissance installée de ces chauffe-eau représente environ 1 à 3% de l'objectif.

Les objets de régulation possèdent différentes propriétés que le régulateur de charge doit connaître. Dans le cas d'un chauffe-eau, par exemple, les éléments suivants seraient détaillés:

- Les chauffe-eau doivent uniquement être rechargés pendant les heures creuses. Le temps de charge est éventuellement réparti sur deux périodes: de 20h00 à 06h00 et de 14h00 à 16h00.
- Au début des heures creuses, tous les thermostats du chauffe-eau sont placés sur MARCHE car l'eau qu'il contient est froide. Lorsque l'objet de régulation «chauffe-eau» est activé, la puissance installée de tous les chauffe-eau qui composent cet objet est mise en marche. Pendant la durée de charge, les chauffe-eau atteignent un à un la température finale et sont alors arrêtés par leurs thermostats intégrés. Lorsque le régulateur de charge arrête l'objet de régulation «chauffe-eau», il ne coupe pas la puissance installée de tous les chauffe-eau, mais seulement de ceux qui n'ont pas encore atteint leur température finale. Si le régulateur de charge remet en marche l'objet de régulation ultérieurement, la puissance de commutation dépend alors de la durée de charge déjà écoulée et de la durée de l'interruption de la charge.
- La consommation d'eau chaude varie. Elle est souvent plus importante en hiver et pendant le week-end et plus faible en été. Cette situation est poussée à l'extrême lorsque l'objet de régulation regroupe des chauffages par accumulation. Les chauffages par accumulation ne sont pas du tout utilisés en été et en hiver, ils sont souvent sollicités uniquement pendant les week-ends, dans les appartements de vacances par exemple.
- La consommation d'eau peut être influencée par les habitudes de vie, les conditions météorologiques ou encore le programme de télévision.
- Évidemment, tous les clients de la société distributrice d'énergie attendent que leur chauffe-eau soit complètement chargé le matin.

Outre les chauffe-eau qui sont rechargés pendant les heures creuses, d'autres charges possèdent des propriétés similaires ou complémentaires. En voici quelques exemples:

- Les climatiseurs ne doivent pas être arrêtés plus de 7 à 8 minutes. Pour éviter d'endommager le compresseur, il faut respecter des durées minimales de mise en marche et d'arrêt.
- Pour les pompes à chaleur, il ne faut pas dépasser la durée de coupure maximale par 24 heures. Si une pompe à chaleur est coupée, elle doit ensuite fonctionner pendant une durée définie (en fonction de la durée de coupure). Il faut respecter des durées minimales de mise en marche et d'arrêt en raison du compresseur intégré à la pompe.
- Les groupes électrogènes sont parfois commutés par paliers. Il faut donc prédéfinir un ordre pour la commutation des objets de régulation.

5. Le régulateur de charge

Le régulateur de charge a deux tâches fondamentales:

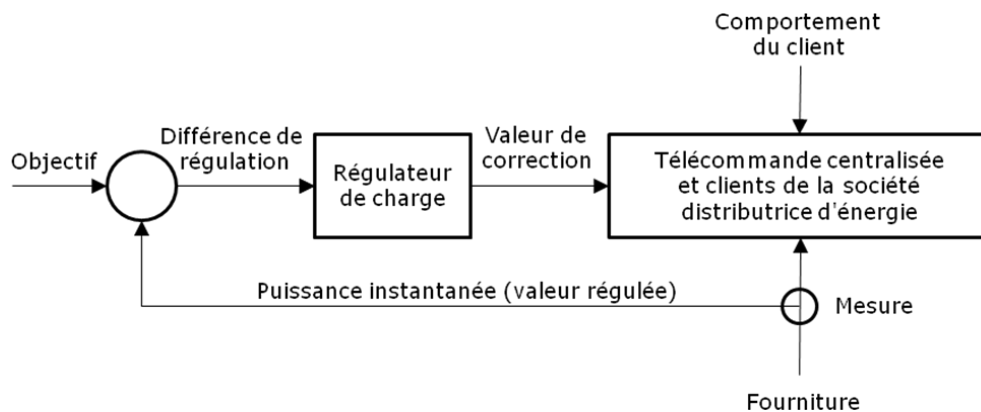
- La puissance moyenne pendant une période de mesure (objectif) doit être respectée le plus précisément possible.
- Les clients de la société distributrice d'énergie ne doivent pas percevoir du tout la régulation de la charge.

Le régulateur de charge ne peut pas s'acquitter de ces tâches dans toutes les situations. Lorsque l'objectif fixé est trop bas, tous les objets de régulation sont arrêtés. Si cette situation se prolonge, les clients le remarqueront. L'objectif peut également être dépassé car il n'est plus possible d'arrêter aucun objet de régulation. C'est pourquoi la définition de l'objectif reste la principale tâche de la société distributrice d'énergie. Le régulateur de charge fournit cependant de nombreuses données qui facilitent cette prise de décision.

5.1. L'environnement du régulateur de charge

Le régulateur de charge a besoin de deux valeurs:

- la puissance instantanée (valeur régulée) et
- le début de la période de mesure, afin que le régulateur de charge et le compteur de transfert du fournisseur puissent mesurer les pics de puissance exactement de la même manière.



L'objectif est la valeur de référence. Le régulateur de charge calcule la valeur de correction (objets de régulation qui doivent être mis en marche ou arrêtés) à partir de la différence entre la valeur régulée et la valeur de référence. La télécommande centralisée envoie les commandes correspondantes aux récepteurs, qui activent ou désactivent les charges.

Le régulateur de charge doit tenir compte du fait que la transmission des commandes prend du temps (temps mort) et que le nombre d'émissions par unité de temps est limité. Il faut également intégrer le fait que la charge du réseau ne peut être modifiée que par paliers de puissance (mise en marche ou arrêt d'un objet de régulation) et que la puissance actuelle de chaque objet de régulation est différente à chaque commutation.

5.2. L'algorithme de régulation du régulateur de charge

Les algorithmes de régulation pour les différentes tâches liées à la régulation sont décrits dans la littérature spécialisée. Les régulateurs P, PI et PID conviennent surtout pour la régulation de processus continus (sans paliers, faible temps mort) tandis que les commandes prédictives (MPC) sont plutôt adaptées aux processus discontinus (commutation par paliers, temps mort important), comme c'est le cas pour la régulation de la charge avec la télécommande centralisée. La commande prédictive se distingue par le fait que la réalité (le réseau de distribution avec les chauffe-eau, chauffages par accumulation ou pompes à chaleur commutables) est représentée dans le régulateur de charge sous la forme d'un modèle. La commutation des objets de régulation et les moments où l'on se trouve au-dessus ou en dessous de l'objectif sont analysés à l'aide de familles de courbes avec des points d'optimisation. La comparaison de ces points d'optimisation au moment actuel et à la fin de la période de prévision (avec et sans commutation d'objets de régulation) permet de calculer une variante de commutation optimale.

Lors du choix de la variante de commutation, plusieurs conditions doivent rentrer en ligne de compte:

- L'objet de régulation sélectionné peut-il être commuté? Raisons possibles: respect des durées minimales de mise en marche et d'arrêt, respect des temps de charge, ordre des commutateurs séquentiels, l'objet de régulation se trouve en dehors de la période de charge, etc.
- Le préjudice lié à l'arrêt et à la coupure d'objets de régulation est-il réparti uniformément sur tous les clients (démocratisation du préjudice)?
- Le respect de l'objectif passe-t-il avant le confort des clients?
- Atténuation des oscillations de la régulation dues aux temps morts et à des prévisions imprécises.

5.3. Le modèle d'installation

L'objectif est la puissance moyenne fournie pendant une période de mesure. Comme il s'agit d'une valeur moyenne, la puissance instantanée pendant une période de mesure peut être supérieure ou inférieure à la puissance moyenne.

Le régulateur de charge commute les objets de régulation qui présentent une charge à cet instant et provoquent ainsi une brusque augmentation de la charge. Le régulateur de charge doit tenir compte de ces augmentations tout en respectant précisément l'objectif.

Le modèle d'installation modélise l'évolution de la puissance moyenne pendant une période de mesure et transforme les écarts en points d'optimisation à l'aide d'une famille de courbes. En choisissant une courbe de cette famille, la société distributrice d'énergie peut déterminer dans quelle mesure il faut privilégier le respect de l'objectif par rapport au confort des clients.

5.4. Les modèles d'objets de régulation

Le régulateur de charge doit pouvoir travailler avec des types de charge très variés. Pour que l'algorithme de régulation puisse trouver une solution, il doit pouvoir comparer les différents types de charge entre eux. Pour ce faire, il est intéressant d'avoir un seul type de charge par objet de régulation.

Les différents types de charge se répartissent en cinq modèles. Chaque modèle se compose de courbes qui décrivent le comportement physique. Ces courbes doivent être définies lors du paramétrage de l'objet de régulation dans l'axe de temps. Exemple pour un objet de régulation «chauffe-eau»:

- Combien de temps faut-il pour qu'un chauffe-eau froid atteigne sa température finale?
- En pic de charge, combien de temps faut-il pour que la température de l'eau dans un chauffe-eau chargé baisse au point que l'eau ne puisse plus être considérée comme chaude?

Dans le cas des chauffe-eau, il n'est pas intéressant de les mettre en marche et de les arrêter trop souvent car de l'eau froide se mélange à l'eau chaude à chaque allumage. Pour les petits chauffages directs, il est préférable de les éteindre sur de courtes durées et donc de les commuter souvent. Le paramètre «Nombre de commutations» du modèle d'objet de régulation permet de modéliser cela.

Il faut définir les paramètres suivants pour les cinq modèles d'objets de régulation différents:

Modèle d'objet de régulation	Temps de charge	Temps de déchargement	Nombre de commutations	Durée min. de fonctionnement	Durée max. de coupure
Chauffe-eau (fonctionnant sur 24 h)	Oui	Oui	Oui		
Chauffe-eau (rechargement en heures creuses)	Oui		Oui		
Groupes électrogènes			Oui		
Climatiseurs			Oui		
Pompes à chaleur			Oui	Oui	Oui

Les courbes permettent de calculer des points d'optimisation qui indiquent la température de l'eau dans le cas d'un chauffe-eau. Il est ainsi possible de comparer des chauffe-eau de différentes tailles.

La puissance instantanée est un autre paramètre d'un objet de régulation. Comme expliqué ci-avant, la puissance d'un objet de régulation change en permanence. Pour obtenir une précision maximale en la matière, il faut mesurer la puissance de commutation à chaque commutation. Les modèles enregistrant les antécédents de l'objet de régulation avec les points d'optimisation, il est possible de situer la puissance mesurée et de calculer ainsi une puissance installée virtuelle. Pour un chauffage par accumulation, cette puissance installée virtuelle est de 0 kW en été et égale à la puissance installée effective en hiver. Cette puissance installée virtuelle est utilisée dans le régulateur de charge pour réaliser des prévisions.

5.5. La surveillance de la charge

Pour les charges telles que les chauffe-eau, les chauffages par accumulation ou encore les pompes à chaleur, il existe des accords contractuels entre la société distributrice d'énergie et les clients. Quelques exemples:

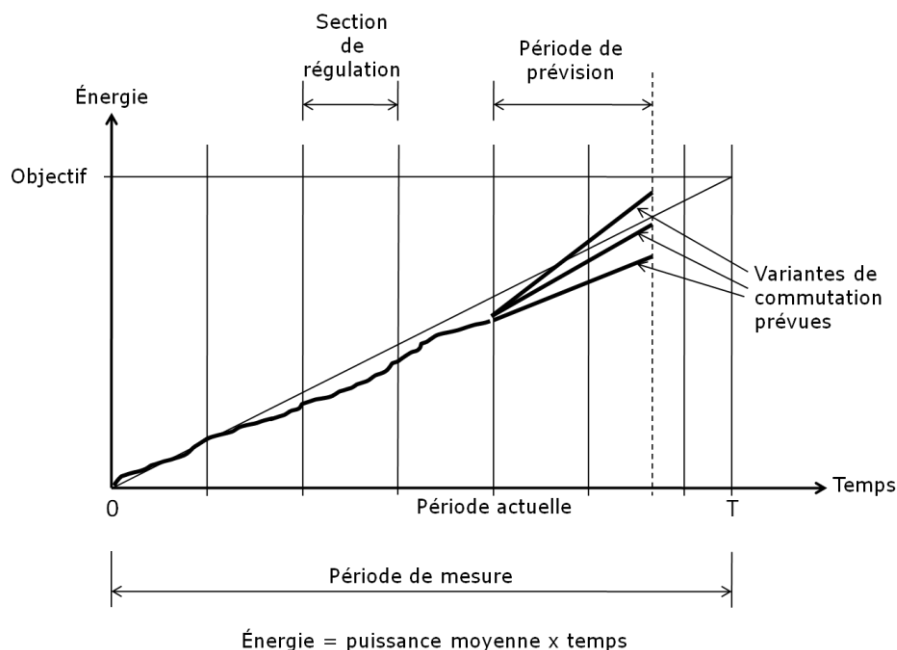
- Un chauffe-eau peut uniquement être rechargé pendant les heures creuses et le temps de charge minimal est défini.
- Un chauffe-eau dont le temps de charge est court doit être rechargé vers la fin des heures creuses.
- Les chauffages par accumulation doivent être rechargés en deux périodes au moins.
- Les pompes à chaleur peuvent être coupées au maximum 4 heures par 24 heures. Une période de coupure ne doit pas durer plus de 2 heures. Après une coupure d'1 heure, la pompe à chaleur ne doit plus être coupée pendant au moins 2 heures.

On peut également déterminer ce qui doit se passer au niveau d'un objet de régulation si le temps de charge minimal prédéfini n'est pas atteint. Voici quelques exemples:

- Émettre une alarme à la fin de la période de charge ou lorsque le temps de charge minimal ne peut plus être atteint.
- Continuer à charger après la fin de la période de charge jusqu'à ce que le temps de charge minimal soit atteint.
- Si le temps de charge minimal peut encore être atteint, mettre en marche l'objet de régulation jusqu'à la fin de la période de charge.

5.6. Calcul de l'algorithme de charge

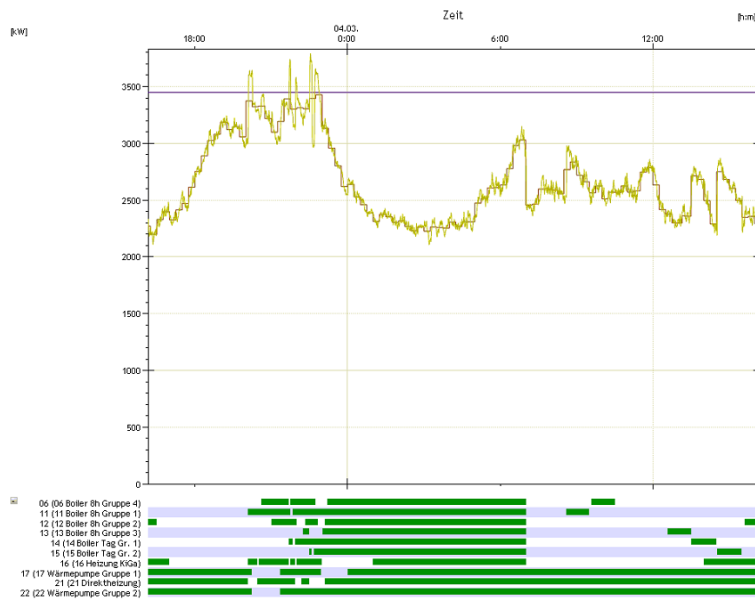
L'exécution des commutations par les récepteurs de télécommande centralisée prenant un peu de temps, il est intéressant de diviser la période de mesure en sections de régulation. Le premier calcul d'une variante de commutation est effectué au début de la période de mesure. Le deuxième calcul et les suivants sont effectués après 30 à 300 secondes. Le temps dépend du système de télécommande centralisée utilisé, de la durée des périodes de mesure et de la capacité de la télécommande centralisée.



Le calcul des variantes de commutation s'effectue comme suit:

- On calcule la manière dont la puissance du réseau évoluera au cours d'une période de prévision si aucun objet de régulation n'est commuté.
- S'il s'avère nécessaire de corriger la puissance du réseau, le système recherche les objets de régulation qui lui permettront de réaliser cette correction.
- Si un objet de régulation a été arrêté longtemps, le système arrête les objets de régulation qui sont en marche à cet instant et qui n'ont pas été arrêtés aussi longtemps auparavant. L'objet de régulation qui a été arrêté longtemps peut ainsi être remis en marche (démocratisation du préjudice).

Le système recherche et exécute une variante de commutation qui associe de manière optimale le respect de l'objectif et la démocratisation du préjudice.



6. Caractéristiques techniques du régulateur de charge

- Nombre maximal d'objets de régulation: 32
- Durée des périodes de mesure: 10 à 60 minutes
- Entrée de mesure: 0 ... 20 mA, 4 ... 20 mA ou impulsions de comptage
- Synchronisation des périodes de mesure: externe ou interne

Swistec

Systèmes pour la gestion d'énergie

Télécommande centralisée | Smartes Solutions | Transformateurs

Swistec Systems SA

Allmendstrasse 30 · CP 182 · CH-8320 Fehraltorf

Téléphone +41 43 355 70 50 · Téléfax +41 43 355 70 51

info@swistec.ch · www.swistec.ch