

Effets des harmoniques : impact économique

Sommaire

- [Pertes énergétiques](#)
- [Surcoût d'abonnement](#)
- [Surdimensionnement des matériels](#)
- [Réduction de la durée de vie des matériels](#)
- [Déclenchements intempestifs et arrêts d'installation](#)

Pertes énergétiques

Les courants harmoniques provoquent dans les conducteurs et équipements des pertes supplémentaires par effet Joule.

Surcoût d'abonnement

La présence de courants harmoniques nécessite d'augmenter le niveau de puissance souscrite, et le coût de l'abonnement.

De plus, les distributeurs d'énergie auront de plus en plus tendance à pénaliser les producteurs d'harmoniques.

Surdimensionnement des matériels

- Le déclassement des sources d'énergie (générateurs, transformateurs et onduleurs) nécessite leur surdimensionnement.
- Les conducteurs doivent être dimensionnés de façon à permettre la circulation des courants harmoniques. Comme les fréquences de ces harmoniques sont plus élevées que celle du fondamental, les impédances inductives vues par ces courants sont plus élevées ; pour éviter des pertes par effet Joule trop importantes, il est nécessaire de surdimensionner les conducteurs.
- La circulation de courants harmoniques dans le conducteur de neutre nécessite son surdimensionnement.

Réduction de la durée de vie des matériels

Lorsque la tension d'alimentation présente un taux de distorsion voisin de 10%, la durée de vie des appareils est réduite de manière sensible ; estimée à :

- 30% pour les machines monophasées,
- 15% pour les machines triphasées,
- 5% pour les transformateurs.

Conserver la durée de vie correspondant à la charge nominale implique de surdimensionner ces appareils.

Déclenchements intempestifs et arrêts d'installation

Les disjoncteurs d'une installation sont soumis à des pointes de courant dues aux harmoniques. Ces pointes de courants peuvent provoquer des déclenchements intempestifs, et induire des pertes de production ainsi que des coûts liés au temps de remise en marche de l'installation.

Effets des harmoniques : phénomène de résonance

L'association sur les réseaux d'éléments capacitifs et inductifs entraîne l'apparition de phénomènes de résonance. Ceux-ci se manifestent par des valeurs extrêmement élevées ou extrêmement faibles des impédances. Ces variations d'impédance vont modifier les courants et tensions présents sur le réseau.

Dans ce paragraphe, seuls sont abordés les phénomènes de type résonance parallèle, les plus fréquents.

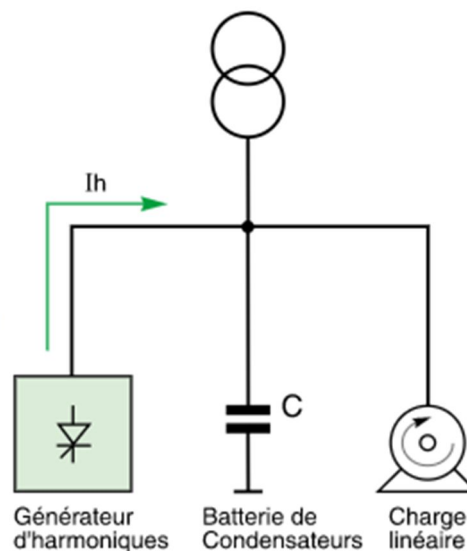
Considérons le schéma simplifié suivant (voir **Fig. M14**), représentant une installation comprenant :

- un transformateur d'alimentation,
- des charges linéaires,
- des charges non-linéaires génératrices de courants harmoniques,
- des condensateurs de compensation.

Fig. M14 – Schéma réel d'une

Pour une analyse harmonique, le schéma équivalent est :

L'impédance Z vaut :



en négligeant R , où

- L_s = Inductance de l'alimentation (réseau + transformateur + ligne)
- C = Capacité des condensateurs de compensation
- R = Résistance des charges linéaires
- I_h = Courant harmonique de rang h

Il y a résonance lorsque le dénominateur $1 - L_s C \omega^2$ tend vers zéro. La fréquence correspondante est alors appelée fréquence de résonance du circuit. A cette fréquence, l'impédance aura sa valeur maximale.

Il y a donc une apparition de tensions harmoniques importantes et donc une forte distorsion de tension. Ces distorsions de tensions s'accompagnent de circulations de courants harmoniques dans le circuit $L_s + C$ supérieurs aux courants harmoniques injectés.

Le réseau d'alimentation ainsi que les condensateurs de compensation sont soumis à des courants harmoniques importants et donc à des risques de surcharge. Pour éviter le phénomène de résonance, la solution consiste à ajouter des bobines anti-harmoniques en série avec les condensateurs.

Pour une analyse harmonique, le schéma équivalent est le suivant (voir **Fig. M15**) :

L'impédance Z vaut :

en négligeant R , où

- L_s = Inductance de l'alimentation (réseau + transformateur + ligne)
- C = Capacité des condensateurs de compensation
- R = Résistance des charges linéaires
- I_h = Courant harmonique de rang h

Il y a résonance lorsque le dénominateur $1-L_s C \omega^2$ tend vers zéro. La fréquence correspondante est alors appelée fréquence de résonance du circuit. A cette fréquence, l'impédance aura sa valeur maximale.

Il y a donc une apparition de tensions harmoniques importantes et donc une forte distorsion de tension. Ces distorsions de tensions s'accompagnent de circulations de courants harmoniques dans le circuit $L_s + C$ supérieurs aux courants harmoniques injectés.

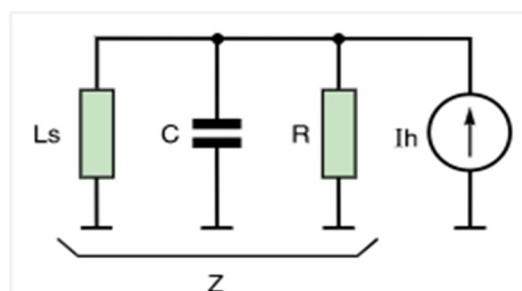
Le réseau d'alimentation ainsi que les condensateurs de compensation sont soumis à des courants harmoniques importants et donc à des risques de surcharge. Pour éviter le phénomène de résonance, la solution consiste à ajouter des bobines anti-harmoniques en série avec les condensateurs.

Fig. M15 – Schéma équivalent de l'installation M14

Effets des harmoniques : quelques exemples

Comme le montrent les exemples cités ci-dessous, ce sont les conséquences économiques de la présence des harmoniques qui a conduit à la mise en œuvre de filtres d'harmoniques :

- **centre de calcul d'une compagnie d'assurances** : dans ce centre de calcul, le déclenchement intempestif d'un disjoncteur occasionnait une perte estimée à 100 000 euros par heure de coupure,
- **laboratoire pharmaceutique** : les harmoniques ont provoqué la défaillance d'un groupe électrogène, et l'interruption d'une phase de test de longue durée sur un nouveau médicament ; la conséquence est une perte estimée à 17 millions d'euros.
- **usine métallurgique** : des fours à induction ont provoqué la surcharge et la destruction de trois transformateurs de 1500 et 2500 kVA en un an et des coûts d'arrêts de production estimés à 20 000 euros par heure,
- **fabrication de meubles de jardin** : la défaillance de plusieurs variateurs a provoqué des arrêts de production chiffrés à 10 000 euros par heure.



Source Wikipédia

Fig. M15 – Schéma équivalent de l'installation M14