

**BLOC FONCTIONNEL DE COMMUTATION POINT PAR ONDE (POWSW)**

La fonction Point-on-Wave reçoit une tension de phase du jeu de barres comme entrée analogique pour la tension de référence, les deux autres sont supposées être décalées de  $\pm 120^\circ$ . La phase de la tension connectée doit être définie en tant que paramètre ("Connected Ref. Voltage") - il peut également s'agir d'une tension phase à phase. Toutes les décisions de fermeture et d'ouverture sont basées sur cette tension, ajustée à ses passages à zéro. La fonction utilise les courants de phase de l'objet à commuter à deux fins : pour détecter l'état excité ou désexcité et pour afficher le courant d'appel résultant.

La stratégie de commutation appropriée dépend des facteurs suivants :

- Quel type d'objet doit être commuté : condensateur/ligne/câble ou réacteur.
- Comment le système est mis à la terre : solidement mis à la terre ou isolé.
- Le type de commande du disjoncteur : unipolaire ou commun.

**Commutation point par onde des condensateurs, des lignes et des câbles électriques****Mise sous tension**

La tension d'un condensateur ne peut pas changer instantanément. Cela signifie que si la tension commutée sur le condensateur déchargé diffère largement de 0, cela entraîne des processus d'équilibrage transitoires tels que des surtensions et des courants d'appel. Par conséquent, le meilleur moment pour mettre sous tension un condensateur mis à la terre est le passage par zéro de la tension. Si les pôles du disjoncteur peuvent être commandés individuellement (type unipolaire), cela peut être fait pour chaque phase. Par contre, si la commande est commune à toutes les phases (type tripolaire), alors la commutation ne sera optimale que pour une phase, et les transitoires, bien que de manière limitée, se produiront quand même dans les deux autres phases, c'est inévitable. Le type de commande du disjoncteur peut être réglé par le paramètre "CB drive type".

Comme toutes ces affirmations peuvent s'appliquer également aux lignes et aux câbles électriques, la fonction de commutation point sur onde peut être utilisée pour la commutation de lignes et de câbles électriques chargés et non chargés lorsque "Condensateur/ligne/câble" est sélectionné pour le paramètre "Object Type". Son efficacité globale dépend de la quantité de charge restante sur la ligne/câble électrique à commuter. Elle est idéale dans les cas où la ligne a été mise hors tension pendant plus de 20 secondes, mais elle peut également réduire les surtensions dans tous les autres cas par rapport à une commutation aléatoire.

Si la batterie de condensateurs ou la ligne ou le câble électrique est isolé de la terre, une stratégie différente doit être appliquée pour la mise sous tension.

Si le condensateur/la ligne électrique/le câble est chargé(e), alors le moment de la tension zéro n'assure pas la continuité transitoire libre de la tension de l'objet à commuter. C'est pourquoi la fermeture est interdite par la fonction jusqu'à l'expiration de la temporisation définie par le paramètre "Temps de décharge" après la mise hors tension du disjoncteur. Le disjoncteur est considéré comme ouvert si tous les courants de phase descendent en dessous de la valeur définie par "Current limit", et les signaux d'état ouvert sont également actifs dans toutes les phases. Jusqu'à ce que la commande de fermeture soit interdite en raison du processus de décharge, la sortie PoW\_Discharging\_GrI\_ devient active, ce qui peut être utilisé à toutes fins dans l'éditeur graphique de logique d'EuroCAP.

**Mise hors tension**

Des courants de coupure différents de 0 entraînent une augmentation rapide de la tension transitoire de récupération, ce qui provoque des surtensions et un réenclenchement. On peut éviter ce phénomène en choisissant le passage par zéro du courant au moment de la mise hors tension. Cela se produit lorsque la tension est au point maximum. Comme pour le processus de mise sous tension, l'efficacité du processus de contrôle dépend également du type de commande du disjoncteur.

**Commutation point sur onde des réacteurs****Mise sous tension**

Le courant d'une bobine ne peut pas changer instantanément. Cela signifie que si la tension est mise sous tension à proximité du passage par zéro, auquel appartient un courant proche du maximum dans une bobine, des surtensions et des courants d'appel élevés peuvent se produire. Par conséquent, le meilleur moment pour mettre sous tension une bobine mise à la terre est le point maximal de la tension. Si les pôles du disjoncteur peuvent être commandés individuellement (type unipolaire), cela peut être fait pour chaque phase. En revanche, si la commande est commune à toutes les phases (type tripolaire), alors la commutation ne sera optimale que pour une phase, et les transitoires, bien que de manière limitée, se produiront quand même dans les deux autres phases, c'est inévitable. Le type de commande du disjoncteur peut être réglé par le paramètre "CB drive type".

Si le réacteur est isolé de la terre, une stratégie différente doit être appliquée pour la mise sous tension.

**Désexcitation**

Pour la mise hors tension, il faut considérer les mêmes aspects que pour les condensateurs, ce qui entraîne la même stratégie, voir ci-dessus !

**Effet de la mise à la terre**

Les considérations sur la recherche du moment optimal pour la mise sous tension d'un condensateur, d'une ligne, d'un câble ou d'un réacteur, sont valables pour les systèmes solidement mis à la terre. Cependant, s'il est isolé, la stratégie doit être différente. Dans ce cas, le courant ne peut pas passer par la terre, mais seulement par les condensateurs/lignes/câbles ou réacteurs des différentes phases. Ainsi, les critères définis pour les tensions phase-terre doivent être appliqués pour les tensions phase-phase dans les systèmes isolés.

Par exemple, dans le cas des condensateurs, la mise sous tension des deux premières phases ne doit pas se faire au passage à zéro des tensions phase-terre, mais à celui des tensions phase-phase entre elles, et seule la troisième phase doit être commutée à son propre passage à zéro.

L'autre différence est la conséquence de l'affirmation précédente : les deux premières phases doivent être alimentées en même temps et non séparément, même si le disjoncteur est unipolaire.

En raison de la stratégie de commutation différente, la mise à la terre du système doit être définie pour la fonction par le paramètre "Mise à la terre de l'objet".

**Calcul avec les temps de fonctionnement du disjoncteur**

Dans les chapitres précédents, les moments optimaux de mise sous tension et hors tension ont été définis. Pour atteindre ces moments par le disjoncteur, ses temps de fonctionnement doivent être pris en compte dans le calcul.

En cas de mise sous tension, le temps d'enclenchement du disjoncteur doit être considéré, qui est le temps entre l'émission de la commande de fermeture du disjoncteur et le début de l'arc (début du flux de courant). La différence entre le temps de fermeture et le temps total de fermeture est le temps de pré-arc. Dans cette fonction, les paramètres suivants peuvent être réglés :

- CB Temps de fermeture (L1)
- Réglage de l'heure de fermeture L2 et Réglage de l'heure de fermeture L3 : les différences des heures de fermeture des phases L2 et L3 par rapport à la phase L1. Si elles sont réglées sur 0, les trois phases sont considérées comme ayant le même temps de fermeture, qui est réglé sur L1.
- CB Temps de pré-arrivée

La fonction calcule, à partir de ces paramètres, le temps de fermeture de chaque phase comme suit :

$$\text{Make time} = \text{Temps de fermeture} - \text{Temps de pré-arcage}$$

Le temps de fermeture est également mesuré par la fonction dans chaque processus de mise sous tension pour chaque phase et affiché parmi ses mesures en ligne. Ainsi, si aucune donnée n'est disponible pour les temps de fermeture et de pré-arcage du disjoncteur, ces valeurs mesurées peuvent être définies pour les paramètres de temps de fermeture, et 0 pour le paramètre de temps de pré-arcage.

En cas de mise hors tension, il faut considérer le temps de freinage du disjoncteur, qui est le temps entre l'émission de la commande d'ouverture du disjoncteur et l'extinction de l'arc (fin du passage du courant). La différence entre le temps de freinage et le temps d'ouverture est le temps d'arc.

Dans cette fonction, les paramètres suivants peuvent être réglés :

- CB Temps d'ouverture (L1)
- Réglage du temps d'ouverture L2 et Réglage du temps d'ouverture L3 : les différences des temps d'ouverture des phases L2 et L3 par rapport à la phase L1. Si ces paramètres sont réglés sur 0, les trois phases sont considérées comme ayant le même temps d'ouverture, qui est réglé pour L1.
- CB Temps d'arc

A partir de ces paramètres, la fonction calcule le temps de freinage dans chaque phase comme suit :

$$\text{Temps de freinage} = \text{Temps d'ouverture} + \text{Temps d'arc}.$$

Le temps de freinage est également mesuré par la fonction dans chaque processus de désexcitation pour chaque phase et il est affiché parmi ses mesures en ligne. Ainsi, si aucune donnée n'est disponible pour le temps d'ouverture et d'arc du disjoncteur, ces valeurs mesurées peuvent être définies pour les paramètres de temps d'ouverture, et 0 pour le paramètre de temps d'arc.

### Paramètres

| Titre                                 | Dim. | Gamme                                                 | Étape | Défaut                    | Description                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------|------|-------------------------------------------------------|-------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Opération                             | -    | Off,<br>On,<br>Bypass                                 | -     | Off                       | Fonctionnement général de la fonction. Bypass signifie que la fonction transmet les commandes reçues à ses sorties sans délai.                                                                                                                                                                      |
| Type d'objet                          | -    | Condensateur/Ligne/Câble                              | -     | Réacteur                  | Condensateur L'objet à commuter                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Mise à la terre des objets            | -    | Solidement mis à la terre,<br>Isolé,                  | -     | Solidement mis à la terre | Mise à la terre de l'objet à commuter                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Type d'entraînement du disjoncteur    | -    | Unipolaire,<br>Entraînement commun                    | -     | Unipolaire                | Le type d'entraînement du disjoncteur                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Connecté Réf. Voltage                 | -    | L1-N,<br>L2-N,<br>L3-N,<br>L1-L2,<br>L2-L3,<br>L3-L1, | -     | L1-N                      | La ou les phases du VT primaire qui est connecté au premier canal du VT dans l'IED.                                                                                                                                                                                                                 |
| CB Closing Time (L1)                  | msec | 30 – 500                                              | 1     | 80                        | Le temps entre l'émission de la commande de fermeture du disjoncteur et la fermeture du contact mécanique de la phase L1.                                                                                                                                                                           |
| Temps de pré-arçage CB                | msec | 0 – 20                                                | 1     | 0                         | L'intervalle de temps pendant lequel l'arc est actif dans le disjoncteur.                                                                                                                                                                                                                           |
| Ajustement de l'heure de fermeture L2 | msec | -5 – 5                                                | 1     | 0                         | La différence du temps de fermeture de la phase L2 par rapport à la phase L1.                                                                                                                                                                                                                       |
| Ajustement de l'heure de fermeture L3 | msec | -5 – 5                                                | 1     | 0                         | La différence du temps de fermeture de la phase L3 par rapport à la phase L1.                                                                                                                                                                                                                       |
| Heure d'ouverture du CB (L1)          | msec | 30 – 500                                              | 1     | 80                        | Le temps entre l'émission de la commande de fermeture du disjoncteur et la fermeture du contact mécanique de la phase L1.                                                                                                                                                                           |
| Temps d'arc CB                        | msec | 0 – 20                                                | 1     | 0                         | L'intervalle de temps pendant lequel l'arc est actif dans le disjoncteur lors de l'ouverture.                                                                                                                                                                                                       |
| Ouverture L2 Réglage du temps         | msec | -5 – 5                                                | 1     | 0                         | La différence du temps d'ouverture de la phase L2 par rapport à la phase L1.                                                                                                                                                                                                                        |
| Ouverture L3 Réglage du temps         | msec | -5 – 5                                                | 1     | 0                         | La différence du temps d'ouverture de la phase L3 par rapport à la phase L1.                                                                                                                                                                                                                        |
| Impulsion de commande                 | msec | 30 - 500                                              | 1     | 150                       | Longueur de l'impulsion de commande pour les commandes de fermeture et d'ouverture.                                                                                                                                                                                                                 |
| Limite de tension                     | %    | 25 – 100                                              | 1     | 70                        | Limite concernant la tension du jeu de barres, en dessous de laquelle l'interrupteur contrôlé n'est pas autorisé. Le pourcentage se réfère à la valeur secondaire nominale du module VT4.                                                                                                           |
| Limite de courant                     | %    | 1 – 5                                                 | 1     | 2                         | L'objet à commuter est considéré comme étant hors tension si tous les courants de phase mesurés sont inférieurs à cette valeur. Si l'objet n'est pas sous tension, les commandes de fermeture sont interdites.<br>La valeur en pourcentage se réfère à la valeur secondaire nominale du module CT4. |
| Temps de décharge                     | sec  | 1 – 300                                               | 1     | 10                        | Temps de décharge du condensateur. L'interdiction des                                                                                                                                                                                                                                               |

commandes de fermeture du condensateur est prolongée de ce temps après que les courants aient été réduits en dessous de la valeur de la limite de courant et que les états ouverts du CB soient devenus actifs. Apparaît uniquement si le paramètre Type d'objet est défini sur Condensateur.

Tableau 1 Paramètres de la fonction de commutation point sur onde

Entrées analogiques

- La fonction utilise
- Les valeurs échantillonnées d'une tension phase-terre ou phase-phase du transformateur de tension sur le jeu de barres, en fonction de son paramétrage "Connected Ref. Voltage",
  - Les valeurs échantillonnées des trois courants de phase mesurés du côté objet du disjoncteur.

Sorties analogiques

| Valeur mesurée     | Dimension | Description                                                                                 |
|--------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Last Make Time L1  | ms        | Le temps de fabrication dans la phase L1 pendant le dernier processus de mise sous tension. |
| Last Make Time L2  | ms        | Le temps de fabrication dans la phase L1 pendant le dernier processus de mise sous tension. |
| Last Make Time L3  | ms        | Le temps de fabrication dans la phase L2 pendant le dernier processus de mise sous tension. |
| Last Brake Time L1 | ms        | Le temps de freinage dans la phase L1 pendant le dernier processus de désexcitation.        |
| Last Brake Time L2 | ms        | Le temps de freinage dans la phase L2 pendant le dernier processus de désexcitation.        |
| Last Brake Time L3 | ms        | Le temps de freinage dans la phase L3 pendant le dernier processus de désexcitation.        |
| Last Inrush L1     | %         | Le courant d'appel dans la phase L1 pendant le dernier processus de mise sous tension.      |
| Last Inrush L2     | %         | Le courant d'appel dans la phase L2 pendant le dernier processus de mise sous tension.      |
| Last Inrush L3     | %         | Le courant d'appel dans la phase L3 pendant le dernier processus de mise sous tension.      |

Tableau 2 Sorties analogiques de la fonction de commutation Point-on-Wave

### Signaux d'entrée binaires (états de sortie représentés graphiquement)

Les conditions des entrées sont définies par l'utilisateur, en utilisant l'éditeur d'équations graphiques (éditeur logique). La partie écrite en gras est vue sur le bloc fonctionnel dans l'éditeur logique.

| Signal d'état binaire      | Titre    | Description                      |
|----------------------------|----------|----------------------------------|
| PoW_ <b>Blk</b> _GrO_      | Blk      | Blocage de la fonction           |
| PoW_ <b>CloseReq</b> _GrO_ | CloseCmd | Demande de fermeture de commande |
| PoW_ <b>OpenedL1</b> _GrO_ | OpenedL1 | La phase L1 est en état ouvert   |
| PoW_ <b>OpenedL2</b> _GrO_ | OpenedL2 | La phase L2 est en état ouvert   |
| PoW_ <b>OpenedL3</b> _GrO_ | OpenedL3 | La phase L3 est en état ouvert   |
| PoW_ <b>OpenReq</b> _GrO_  | OpenCmd  | Demande de commande ouverte      |
| PoW_ <b>ClosedL1</b> _GrO_ | ClosedL1 | La phase L1 est en état fermé    |
| PoW_ <b>ClosedL2</b> _GrO_ | ClosedL2 | La phase L2 est en état fermé    |
| PoW_ <b>ClosedL3</b> _GrO_ | ClosedL3 | La phase L3 est en état fermé    |

Tableau 3 Entrées binaires de la fonction de commutation Point-on-Wave

### Signaux de sortie binaires (états d'entrée représentés graphiquement)

Les signaux binaires de sortie de la fonction Point-on-Wave. Les parties écrites en gras sont visibles sur le bloc fonctionnel dans l'éditeur logique. Les signaux peuvent être utilisés à plusieurs fins (par exemple pour les sources LED, l'enregistreur de perturbations, etc.), mais ils ne sont pas destinés à être connectés aux contacts de déclenchement ! Les objets de sortie Trip Logic du bloc fonctionnel servent à cette fin, voir le paragraphe suivant !

| Signal d'état binaire         | Titre                       | Description                                                                              |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| PoW_ <b>CloseL1</b> _GrI_     | Close L1                    | Commande de fermeture en phase L1                                                        |
| PoW_ <b>CloseL2</b> _GrI_     | Close L2                    | Commande de fermeture en phase L2                                                        |
| PoW_ <b>CloseL3</b> _GrI_     | Close L3                    | Commande de fermeture en phase L3                                                        |
| PoW_ <b>CloseUnsucc</b> _GrI_ | Closing unsuccessful        | Fermeture infructueuse - le courant est analysé pour cette décision.                     |
| PoW_ <b>OpenL1</b> _GrI_      | Open L1                     | Commande d'ouverture dans la phase L1                                                    |
| PoW_ <b>OpenL2</b> _GrI_      | Open L2                     | Commande d'ouverture dans la phase L2                                                    |
| PoW_ <b>OpenL3</b> _GrI_      | Open L3                     | Commande d'ouverture dans la phase L3                                                    |
| PoW_ <b>OpenUnsucc</b> _GrI_  | Opening unsuccessful        | Ouverture infructueuse - le courant est analysé pour cette décision.                     |
| PoW_ <b>Discharging</b> _GrI_ | Discharging time is running | La commande de fermeture est bloquée en raison du processus de décharge du condensateur. |

Tableau 4 Sorties binaires de la fonction de commutation Point-on-Wave

### Objets de sortie Trip Logic

Bien que le bloc fonctionnel Point-on-Wave ne soit pas une logique de déclenchement, il dispose d'objets de sortie de logique de déclenchement permettant d'établir une connexion rapide et synchronisée avec les contacts de déclenchement. L'affectation d'usine de ces sorties aux contacts de déclenchement peut être modifiée dans le menu Définition de déclenchement - Affectation de l'EuroCAP.

| Sortie logique de déclenchement | Titre    | Description                           |
|---------------------------------|----------|---------------------------------------|
| PoW_ <b>CloseL1</b> _TLO_       | Close L1 | Commande de fermeture en phase L1     |
| PoW_ <b>CloseL2</b> _TLO_       | Close L2 | Commande de fermeture en phase L2     |
| PoW_ <b>CloseL3</b> _TLO_       | Close L3 | Commande de fermeture en phase L3     |
| PoW_ <b>OpenL1</b> _TLO_        | Open L1  | Commande d'ouverture dans la phase L1 |
| PoW_ <b>OpenL2</b> _TLO_        | Open L2  | Commande d'ouverture dans la phase L2 |
| PoW_ <b>OpenL3</b> _TLO_        | Open L3  | Commande d'ouverture dans la phase L3 |

Tableau 5 Objets de sortie de logique de déclenchement de la fonction de commutation point à onde

**Données en ligne**

Valeurs visibles sur la page des données en ligne :

| Titre du signal      | Dimension | Description                                                                                 |
|----------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Last Make Time L1    | ms        | Le temps de fabrication dans la phase L1 pendant le dernier processus de mise sous tension. |
| Last Make Time L2    | ms        | Le temps de fabrication dans la phase L2 pendant le dernier processus de mise sous tension. |
| Last Make Time L3    | ms        | Le temps de fabrication dans la phase L3 pendant le dernier processus de mise sous tension. |
| Last Brake Time L1   | ms        | Le temps de freinage dans la phase L1 pendant le dernier processus de désexcitation.        |
| Last Brake Time L2   | ms        | Le temps de freinage dans la phase L2 pendant le dernier processus de désexcitation.        |
| Last Brake Time L3   | ms        | Le temps de freinage dans la phase L3 pendant le dernier processus de désexcitation.        |
| Last Inrush L1       | %         | Le courant d'appel dans la phase L1 pendant le dernier processus de mise sous tension.      |
| Last Inrush L2       | %         | Le courant d'appel dans la phase L2 pendant le dernier processus de mise sous tension.      |
| Last Inrush L3       | %         | Le courant d'appel dans la phase L3 pendant le dernier processus de mise sous tension.      |
| Close L1             | -         | Commande de fermeture en phase L1                                                           |
| Close L2             | -         | Commande de fermeture en phase L2                                                           |
| Close L3             | -         | Commande de fermeture en phase L3                                                           |
| Closing unsuccessful | -         | Fermeture infructueuse - le courant est analysé pour cette décision.                        |
| Open L1              | -         | Commande d'ouverture dans la phase L1                                                       |
| Open L2              | -         | Commande d'ouverture dans la phase L2                                                       |
| Open L3              | -         | Commande d'ouverture dans la phase L3                                                       |
| Opening unsuccessful | -         | Ouverture infructueuse - le courant est analysé pour cette décision.                        |

**Tableau 6 Données en ligne de la fonction de commutation Point-on-Wave**

### Événements

Les événements suivants sont générés dans la liste des événements, ainsi qu'envoyés à SCADA selon la configuration.

| Événement                          | Valeur | Description                                                                                                                                                                  | IEC 61850 Nœud logique / Objet de données / Attribut de données |
|------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Commandement générale de fermeture | off,on | Commande de fermeture dans n'importe quelle phase. Par défaut, cet événement n'est pas enregistré dans la liste des événements de l'IED, mais il peut être signalé au SCADA. | LCCPOW / OpCls / general                                        |
| Commande générale d'ouverture      | off,on | Commande d'ouverture dans n'importe quelle phase. Par défaut, cet événement n'est pas enregistré dans la liste des événements de l'IED, mais il peut être signalé au SCADA.  | LCCPOW / OpOpn / general                                        |
| CB Commande de fermeture en L1     | off,on | Commande de fermeture en phase L1                                                                                                                                            | -                                                               |
| CB Commande de fermeture en L2     | off,on | Commande de fermeture en phase L2                                                                                                                                            | -                                                               |
| CB Commande de fermeture en L3     | off,on | Commande de fermeture en phase L3                                                                                                                                            | -                                                               |
| CB Commande d'ouverture en L1      | off,on | Commande d'ouverture en phase L1                                                                                                                                             | -                                                               |
| CB Commande d'ouverture en L2      | off,on | Commande d'ouverture en phase L2                                                                                                                                             | -                                                               |
| CB Commande d'ouverture en L3      | off,on | Commande d'ouverture en phase L3                                                                                                                                             | -                                                               |
| Dernier courant d'appel L1         | %      | La valeur du courant d'appel dans la phase L1 pendant le dernier processus de mise sous tension.                                                                             | -                                                               |
| Dernier courant d'appel L2         | %      | La valeur du courant d'appel dans la phase L2 pendant le dernier processus de mise sous tension.                                                                             | -                                                               |
| Dernier courant d'appel L3         | %      | La valeur du courant d'appel dans la phase L3 pendant le dernier processus de mise sous tension.                                                                             | -                                                               |
| Echec de la commutation (timeout)  | off,on | L'état du CB n'a pas été modifié 500ms après la commande donnée - le courant est analysé pour cette décision.                                                                | LCCPOW / TmExc / stVal                                          |

Tableau 7 Événements de la fonction de commutation point à onde