



MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT

Liberté
Égalité
Fraternité

CONCOURS D'ACCÈS AU CORPS DE PROFESSEURS DE LYCÉE PROFESSIONNEL AGRICOLE

Concours : **EXTERNE**

Section : **MARITIME**

Option : **ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE MARITIMES**

SESSION 2025

ÉPREUVE ÉCRITE D'ADMISSIBILITÉ

(Coefficient : 4 – Durée : 5 heures)

Matériel(s) et documents(s) autorisé(s) :

- aucun document n'est autorisé ;
- les calculatrices suivantes sont autorisées :
 - calculatrice non programmable sans mémoire alphanumérique (type collège) ;
 - calculatrice avec mode examen actif.

Ce sujet comporte 66 pages y compris celle-ci.

Vérifiez que l'exemplaire qui vous a été remis est complet. Si ce n'est pas le cas, signalez-le aussitôt.

Question 1 (3 points)

Le schéma de liaison à la terre du navire *L'Atalante* est le régime IT, et son réseau électrique comprend un contrôleur permanent d'isolement (CPI) par injection de courant continu.

1. Expliquer ce que signifient les deux lettres IT.
2. Expliquer pourquoi le régime IT permet une continuité de service lors de l'apparition d'un premier défaut d'isolement.
3. Présenter l'intérêt du CPI par injection de courant continu puis détailler son principe de fonctionnement.
4. Détailler deux méthodes de recherche d'un premier défaut d'isolement envisageables sur le réseau électrique de *L'Atalante*.

Question 2 (3 points)

Un moteur asynchrone triphasé possède les caractéristiques suivantes indiquées sur sa plaque signalétique :

- Tension d'alimentation : 220 V / 380 V, 50 Hz ;
- Puissance utile : 25 kW ;
- Facteur de puissance : 0,85 ;
- Fréquence de rotation en charge nominal : 720 tr/min ;
- Rendement nominal : 0,8.

On connecte ce moteur à un réseau disposant d'une tension entre phases de 380 V.

1. Indiquer le mode de couplage du stator qui doit être utilisé. Justifier ce choix.
2. Calculer le nombre de pôles $2p$ du moteur (en supposant un glissement faible).
3. Calculer son glissement g en charge nominale.
4. Calculer le couple utile T_u du moteur au régime nominal.
5. La plaque signalétique étant partiellement abîmée, elle ne fait pas apparaître les intensités nominales. Calculer ces valeurs.

Question 3 (4 points)

On considère ici un alternateur de 1 000 kVA raccordé à un réseau triphasé de tension composée : $U = 6.6$ kV. L'alternateur est supposé « accroché » sur ce réseau, et on considère que les tensions aux bornes de ses trois phases sont fixes et ne dépendent pas du courant qui circule

dans la machine. On donne par ailleurs la réactance synchrone de la machine : $X_s = 20 \, \Omega$ et la relation, supposée linéaire, reliant le courant d'excitation à la force électromotrice interne : $E = 70 \times I_e$

1. Indiquer la convention de représentation à adopter pour l'alternateur puis représenter le schéma monophasé équivalent.
2. Écrire la relation de maille reliant la force électromotrice de l'alternateur E , la tension du réseau V , la réactance synchrone X_s et le courant I .
3. Pour une puissance active fournie au réseau $P = 800 \, \text{kW}$ et une puissance réactive fournie $Q = + 600 \, \text{kVAR}$, calculer la valeur efficace du courant de ligne : I .
4. Calculer le déphasage entre le courant de ligne et la tension simple du schéma monophasé.
5. Déterminer la valeur de la force électromotrice interne de l'alternateur. En déduire la valeur du courant d'excitation nécessaire.
6. La valeur du courant d'excitation étant diminuée de moitié sans que la puissance active appelée par le réseau ne soit modifiée, calculer la nouvelle valeur du courant de ligne. Commenter.

Question 4 (5 points)

L'installation électrique dont le schéma unifilaire et les caractéristiques sont fournis en annexe 1 (pages 6 à 7) est une alimentation statique sans interruption (ASI) de type double conversion (*on-line*) destinée à assurer l'alimentation de secours d'un certain nombre de consommateurs électriques du navire *Gaz de France Energy*.

1. Citer les deux autres principaux types d'alimentation statique sans interruption et présenter l'avantage du type double conversion (*on-line*).
2. Décrire le fonctionnement de l'alimentation statique sans interruption de type double conversion (*on-line*) présenté en annexe 1 en mode normal, en mode secours, puis de retour en mode normal.
3. Détailler les principes de la charge des batteries en mode courant constant puis en mode tension constante, tout en précisant leur intérêt respectif.
4. Présenter le principe, les objectifs ainsi que deux domaines d'application de la charge flottante de batteries à bord des navires.
5. Le transformateur repéré *Transformateur T30* est dit parfait et l'installation alimentée par son secondaire dispose d'un facteur de puissance $\cos \varphi = 0,9$ et absorbe une intensité efficace $I_{\text{eff}} = 80 \, \text{A}$ sous une tension alternative de valeur efficace $V_{\text{eff}} = 230 \, \text{V}$. Sachant que le rendement de l'onduleur identifié *Inverter* est $\eta = 85\%$:
 - a. Calculer la valeur de l'intensité moyenne du courant j débité par un des deux bancs de batteries (montées en série) de l'équipement *Battery* lorsque le fonctionnement de l'installation nécessite son entrée en fonction.

- b. Calculer la durée maximale durant laquelle l'équipement *Battery* pourrait alimenter l'installation en cas de besoin.

6. Le schéma de principe de l'onduleur monophasé *Inverter* est représenté en figure 1 :

- a. Indiquer les types de composant envisageables pour les commutateurs K_1 , K_2 , K_3 , et K_4 , et détailler succinctement les caractéristiques de chacun d'entre eux.
- b. Détailler les deux modes de commande des commutateurs communément rencontrés dans les onduleurs monophasés et présenter succinctement leurs avantages respectifs ainsi que des applications possibles.
- c. Expliquer le rôle des diodes D_1 , D_2 , D_3 , et D_4 .

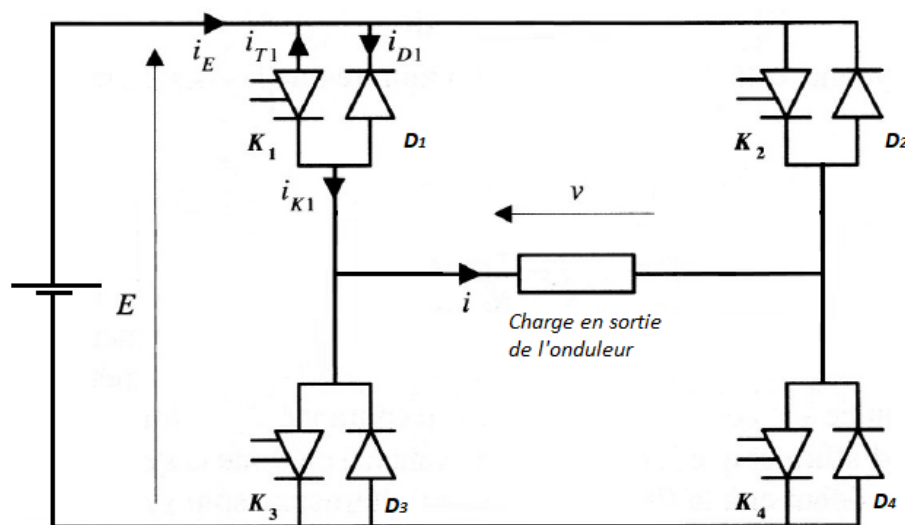


Figure 1

7. Expliquer les rôles respectifs des équipements identifiés *Static Bypass Module* et *Manual Bypass* sur le schéma unifilaire fourni en annexe 1.

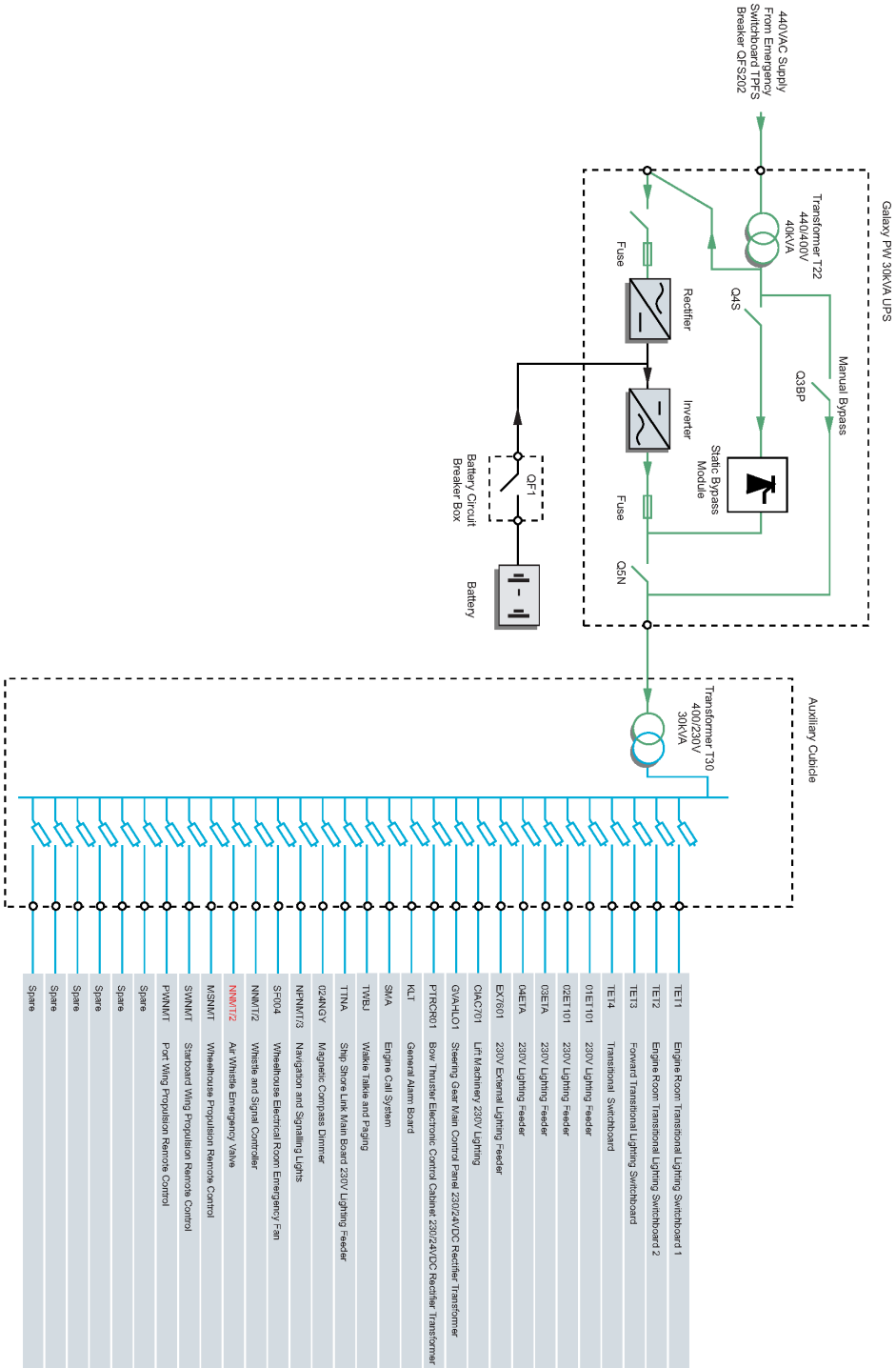
Question 5 (5 points)

Considérant les extraits (certains paragraphes ne sont pas reproduits) du rapport d'enquête publié par le BEA Mer en février 2024 portant sur l'incendie survenu le 3 mars 2023 au PC machine du navire roulier à passagers *Isle of Innisfree* fournis en annexe 2 (pages 8 à 34) ainsi que la documentation *Woodward* jointe en annexe 3 (pages 35 à 66) :

1. Expliquer comment un arc électrique a pu être généré au niveau du disjoncteur de tête du DG1 lors de la survenue de la survitesse réelle le 03 mars 2023. Puis détailler les comportements possibles de chacun des 3 DG après l'amorçage de l'arc au sein du disjoncteur.
2. Préciser en quoi le câblage de l'entrée discrète 32 du régulateur 2301D est un facteur contributif de l'événement.

3. Détailler de manière structurée l'ensemble des actions qui auraient pu être mises en œuvre suite à la survenue des premiers dysfonctionnements constatés par l'équipage du *Isle of Innisfree* (arrêt par survitesse du DG1 alors que la vitesse de rotation nominale n'est pas atteinte).
4. Rédiger une fiche de travaux détaillée visant à garantir le bon fonctionnement de l'alternateur du DG1 à l'issue de l'événement.

Illustration 2.2.9a Transitional Converter and Switchboard Distribution



2.2.9 UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLIES AND BATTERY SYSTEMS

Introduction

The vessel's essential consumers are fed from Uninterruptible Power Supply (UPS) units and battery systems. The consumers are fed from a number of these UPS units and battery systems as follows:

- The 230VAC transitional converter and switchboard, located in the wheelhouse electrical room.
- The starboard and port propulsion motor UPS units, UPS1MPE and UPS2MPE.
- The four diesel generator UPS units, DG1UPS, DG2UPS, DG3UPS and DG4UPS.
- The integrated automation system (IAS) is fed from three independent UPS units, the forward IAS UPS1A, the aft IAS UPS2A and the aft IAS UPS2B in the automation room on deck No.2
- The starboard and port 24VDC engine room rectifier/chargers, RB1 and RB2.
- The emergency switchboard rectifier/charger RBE
- The emergency generator starter. A separate 24V battery and charger system is provided for the emergency generator starting arrangements.
- The navigation UPS unit, UPS46.
- The public address UPS unit, HAD.
- *The radio GMDSS equipment. These are backed up by a dedicated GMDSS battery/UPS system.*
- The port and starboard lifeboat batteries and chargers.

The UPS units ensure a smooth uninterrupted transition to a battery backed power supply in the event of a failure of the vessel's main or emergency supplies.

230VAC Transitional Converter and Switchboard CCET

Maker:	MGE UPS Systems
Type:	Galaxy PW 120MN, 30kVA
Input:	440VAC, 60Hz, 3 phase
Power rating	30kVA
Output voltage:	230VAC (total)

Batteries

Maker:	Yuasa
Type:	SWL2500
Capacity:	91Ah
Voltage per cell:	12VDC
Number of cells:	64 (2 banks of 32)

The transitional converter and switchboard CCET consists of 230VAC distribution board backed up by two 400V battery banks, bank A and bank B. The battery banks are located in the battery room on the port side between frames 39 and 41 and the converter and switchboard are located in the wheelhouse electrical room. The batteries are normally on a floating charge with the UPS being fed from the 440V emergency switchboard TTPS (breaker QFS202). The 440V is transformed down to 400V before being rectified and then inverted. The 400V AC then passes into an auxiliary cable where it is transformed down to 230VAC to supply the load. In the event of mains failure, the battery banks will supply the load via the inverter. Upon recovery of mains power, the battery charge cycle takes place in two steps:

- Step 1: the battery is recharged at a constant current limited to 1/10th of the battery capacity specified for a 10 hour discharge. The DC voltage increases with the battery charge until the charge level is reached.
- Step 2: the battery is recharged at constant voltage equal to the charge level (maximum value 463V). The charging current gradually decreases until reaching a specified low value (floating charge).

The switchboard supplies equipment such as transitional lighting, steering gear and bow thruster control panels, wheelhouse propulsion remote control and other navigation equipment. A layout of the transitional converter switchboard and the equipment supplied is shown in illustration 2.2.9a.



Rapport d'enquête Investigation report

Incendie au PC machine à bord du navire roulier à passagers

ISLE OF INNISFREE

le 3 mars 2023, au large de Douvres

Fire in the Engine Control Room on board the Roll-on Roll-off passenger ship

ISLE OF INNISFREE

on 3rd March 2023, off Dover

Bureau d'enquêtes sur les événements de mer

Rapport publié : février 2024

1	Résumé	Page	4
2	Informations factuelles	Page	5
2.1	Contexte	Page	5
2.2	Navire	Page	5
2.3	Équipage	Page	9
2.4	Accident	Page	9
2.5	Intervention	Page	10
3	Exposé	Page	12
3.1	Chronologie	Page	12
3.2	Contrôles effectués, principales avaries et anomalies constatées	Page	16
3.3	Remorquage	Page	18
4	Analyse	Page	20
4.1	Connexion et paramétrage du régulateur de vitesse 2301D du Diesel Générateur n°1	Page	20
4.2	Délai d'intervention des sociétés de services	Page	22
4.3	Procédure de recherche de panne par le bord	Page	22
4.4	Désactivation des unités de protection des DG	Page	22
5	Conclusions	Page	23
6	Mesures prises par l'armement	Page	24
7	Enseignements	Page	24
8	Recommandations	Page	25
Annexes			
A.	Liste des abréviations	Page	50
B.	Décision d'enquête	Page	51
C.	Synoptique de la production électrique du navire	Page	53
D.	Tableaux électriques des DG au PC machine après l'incendie	Page	54

1 Résumé

Depuis la mi-février 2023, des investigations sont menées à bord du navire roulier à passagers ISLE OF INNISFREE afin d'identifier les causes d'un dysfonctionnement récurrent du Diesel générateur n°1 (DG1).

Le dysfonctionnement en cause est notamment caractérisé par l'arrêt du DG1 « en survitesse », dans les minutes qui suivent le démarrage, alors que la vitesse nominale de fonctionnement (750 tr/mn) n'est pas atteinte.

Le 3 mars vers 17h00 TU, le navire étant en route libre après l'appareillage de Douvres, le DG1 est démarré mais stoppe à nouveau sur une alarme de survitesse. Après plusieurs vérifications et tentatives aboutissant au même résultat, le DG1 est redémarré mais atteint cette fois un nombre de tours moteur nettement supérieur à la vitesse nominale de fonctionnement, sans déclenchement de l'alarme de survitesse et de l'arrêt par sécurité.

Au même instant, une surtension et un arc électrique se produisent au tableau principal, dans le PC machine, au niveau du disjoncteur du DG1. Un incendie se déclare immédiatement et le PC machine est envahi par une épaisse fumée noire.

Les nombreux défauts électriques dus à la surtension provoquent un black-out général à 17h25. Le PC machine est rapidement évacué par le personnel présent et les équipes de pompiers sont mobilisées. Le navire étant privé de propulsion, il mouille à 17h57 à 8,8 milles dans le sud-est de Douvres, avec l'accord des garde-côtes du MRCC (Maritime Rescue Coordination Center) de Douvres.

A 18h47 l'incendie est éteint. Il n'y a aucun blessé parmi les membres d'équipage et les passagers ont été pris en charge par le personnel de bord, dès la diffusion de la première annonce.

Dans la nuit du 3 au 4 mars le navire sera remorqué jusqu'en rade de Calais par l'ABEILLE NORMANDIE, puis pris en charge par trois remorqueurs portuaires, avec un pilote à bord.

Le BEAmer émet trois enseignements et adresse deux recommandations destinées à l'armement du navire, Matrix Ship Management Ltd.

2 Informations factuelles

2.1 Contexte

Construit en 1991 pour l'armement Regie Voor Maritiem Transport, l'ISLE OF INNISFREE est exploité sous le nom de PRINS FILIP jusqu'en 1997, puis acquis en 1998 par Stena Lines.

Rénové en 1999, il change à plusieurs reprises d'armement, de nom et de ligne dans les années qui suivent.

En février 2013, il est rebaptisé CALAIS SEAWAYS après la fusion de DFDS Seaways et de LD Lines.

En 2017, il fait l'objet d'une rénovation (principalement des systèmes de gestion de la propulsion et des Diesel Générateurs).

En 2020, au moment de la crise Covid, il est mis en arrêt technique d'avril à juillet.

Le navire est acquis par Irish Ferries le 3 novembre 2021 et devient ISLE OF INNISFREE, sous pavillon chypriote (Limassol). Il est exploité par l'opérateur Matrix Ship Management Ltd sur la ligne Calais – Douvres. Le navire effectue 10 traversées d'une heure trente minutes (de quai à quai) par 24 heures.

Une visite *Directive*¹ par les autorités maritimes françaises était prévue en mars 2023.

2.2 Navire

➤ N° OMI	:	8908466
➤ Longueur hors-tout	:	163 m
➤ Largeur	:	27 m
➤ Jauge (UMS)	:	28833
➤ Port en lourd	:	3832 t
➤ Propulsion	:	4 Sulzer 8ZAL 40S de 5280 kW
➤ Société de classe	:	Bureau Veritas

Energie: 4 Diesel générateurs ABC (Anglo Belgian Corp.) C8BDZC de 1260 KW à 750 tr/mn. 2 alternateurs attelés, principalement utilisés pour l'alimentation des 2 propulseurs d'étrave. 1 groupe électrogène de secours.

2.2.1 Compartiments des Diesel générateurs (DG)

Les quatre Diesel générateurs sont situés dans deux compartiments indépendants : les DG1 et 3 sont dans le compartiment tribord, les DG2 et 4 dans le compartiment bâbord. En manœuvre ou

¹ La directive européenne 2009/45/CE prévoit deux visites par an.

au port, et dans la plupart des conditions de navigation, seuls deux DG sont nécessaires à la production d'énergie.

Le DG1 totalise 146 525 heures de fonctionnement, dont 548 heures depuis novembre 2021.

2.2.2 Régulation de vitesse des Diesel générateurs

La répartition de charge et le contrôle de la vitesse de fonctionnement de chacun des DG sont gérés par un module électronique Woodward 2301D (Digital Load Sharing and Speed Control for Engines), placé dans une armoire dédiée, proche du Diesel générateur.

L'information de vitesse est calculée par comptage du nombre de dents du volant moteur défilant devant un capteur (n°1 sur figure 1). Le régulateur 2301D compare l'information reçue du capteur aux valeurs de fonctionnement nominales sauvegardées (750 tr/mn - 258 dents pour une fréquence de 50 Hz - n°3 sur figure 1).

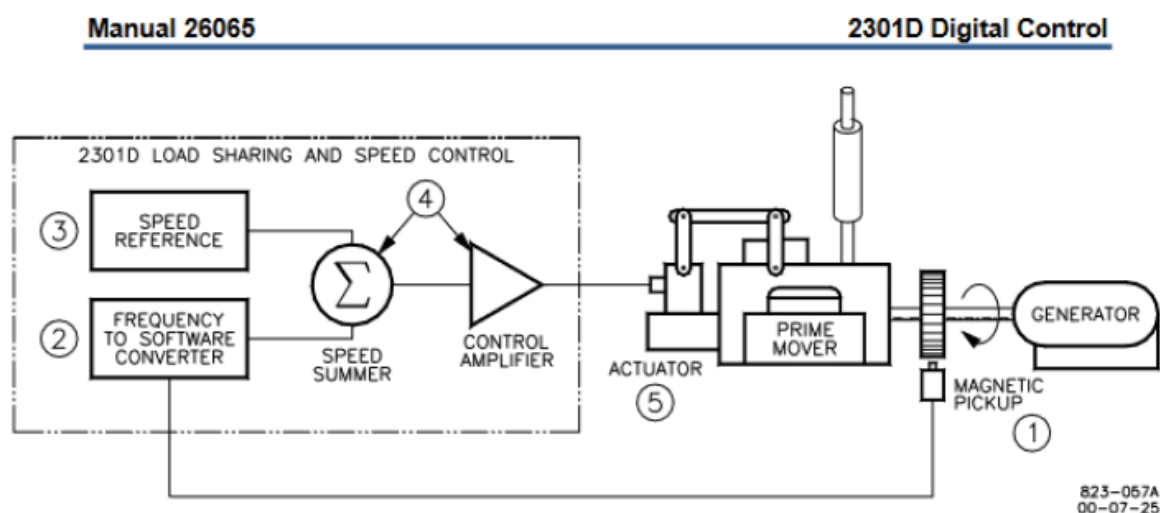


Figure 1 - Module électronique de partage de charge et de régulation de vitesse

L'équipement (n°5 sur figure 1), également de marque Woodward, disposé sur le DG, est un actionneur. Piloté par le régulateur électronique 2301D, il agit sur le cran de pétrole via les pompes à combustible ; il n'y a donc pas de régulateur de vitesse de type hydromécanique sur cette installation.

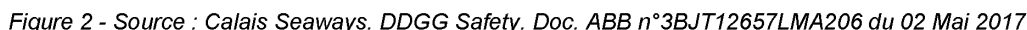
Le paramétrage des valeurs nominales de fonctionnement doit être effectué selon les instructions du manuel d'installation et de conduite Woodward 26065 (indice K).

2.2.3 Prévention du risque de survitesse

Le manuel Woodward 26065 précise qu'un moyen d'arrêt, en cas de survitesse, doit équiper le moteur (du Diesel générateur). Sans autre précision, il est indiqué que le moyen d'arrêt doit être

Pour les quatre DG, la survitesse est détectée par chaque régulateur électronique Woodward puis transmise au module Safety PLC (Programmable Logic Controller) de gestion des alarmes.

Alors que le câblage des entrées-sorties des régulateurs des DG2, 3 et 4 est identique (en conformité avec le schéma de câblage « DDGG Safety » réalisé par ABB en mai 2017 pour le CALAIS SEAWAYS, cf. figure 2), seul le régulateur du DG1 est câblé sur la borne d'entrée « discrète² » n°32 à une ligne en provenance de l'armoire principale du DG1 (via une boîte de jonction).



2.2.5 PMS

Entre autres informations, la vitesse calculée par le régulateur est transmise au système de gestion de la puissance, nommé PMS (Power Management System), intégré au tableau principal du PC machine. Le PMS central gère :

- les 4 PMS individuels (1 par DG),
- les quatre disjoncteurs principaux (660 volts),
- l'alimentation du réseau de distribution du navire, via les deux transformateurs principaux (660 volts / 380 volts),
- les séquences Marche/Arrêt des DG,
- la synchronisation des DG,
- les interfaces et indications nécessaires à la conduite (modes auto/manuel, détection de défauts, etc.).

Le PMS ne gère pas la puissance des alternateurs attelés.

L'installation a été modernisée en 2017 par la société ABB.

2.2.6 GPU (Generator Protection Unit)

L'unité de protection (de fabrication DEIF), en interface avec le PMS, assure la synchronisation du DG pour le couplage sur les barres dans les conditions de sécurité requises. En mode automatique (ou semi-automatique), la fermeture du disjoncteur est autorisée par l'unité de protection DEIF lorsque les écarts en tension, phase et fréquence ne dépassent pas les valeurs limites préétablies. En mode manuel, les protections sont désactivées ; le risque est alors de fermer le disjoncteur sur les barres avant que le DG ne soit synchronisé.

La sélection du mode de fonctionnement (automatique, semi-automatique ou manuel) est effectuée à l'aide de deux commutateurs du tableau principal propres à chacun des DG.

2.3 Équipage

Le jour de l'accident il y a 89 membres d'équipage de douze nationalités différentes (un équipage de jour et un équipage de nuit), dont un capitaine en supplément d'effectif.

Personnel interviewé :

Le **capitaine** est de nationalité britannique. Âgé de 35 ans, il commande depuis près de 4 ans, dont 18 mois chez Matrix Ship Management Ltd. Il est titulaire de la licence de capitaine – pilote pour les ports fréquentés.

Le **chef mécanicien** de l'équipe de jour et l'**officier électrotechnicien** (ETO2), également de l'équipe de jour, sont de nationalité polonaise. L'ETO2 a plus de 20 ans d'expérience à bord de navires à passagers du même type.

Pour les officiers, le rythme des embarquements est de 2 semaines à bord pour 2 semaines en congés. Certains officiers mécaniciens choisissent un rythme à 3 semaines.

2.4 Accident

Météorologie

Vent NNE force 5 (17 à 21 nœuds), mer peu agitée (0,5 à 1,25m). Source Météo France.

Heures : TU

Vendredi 3 mars,

À **16h55**, appareillage de Douvres avec 94 passagers, essentiellement des chauffeurs routiers.

Dès que le navire est en route libre, les DG2 et 4 sont en service, les DG1 et 3 sont stoppés. Le chef mécanicien de l'équipe de jour et les deux officiers électrotechniciens (ETO1 et ETO2) reprennent leurs investigations sur le DG1, interrompues pour l'appareillage.

Démarrage du DG1 qui stoppe immédiatement par déclenchement de l'alarme de survitesse, alors que la vitesse de fonctionnement nominale n'est pas atteinte. À ce moment, un dysfonctionnement qu'il qualifie « d'étrange », similaire à un retour de puissance, est constaté par le chef mécanicien.

Par la suite, après une nouvelle tentative de démarrage, le chef mécanicien décide de surveiller en personne les paramètres de fonctionnement sur le tableau de contrôle local du DG1.

En se tenant à proximité du DG1, il demande par radio portative aux ETOs de lancer à nouveau le DG depuis le PC machine. Le chef observe alors que :

- la vitesse du moteur au compte-tours est comprise entre 200 et 300 tr/mn,
- le volant moteur n'a pas atteint sa vitesse nominale.

Au même moment il est constaté au PC machine que la fréquence de 50 Hz n'est pas atteinte. Pour confirmer ces observations, le chef décide de mesurer, au PC machine, la tension aux bornes du disjoncteur et la fréquence au moyen d'un multimètre portable.

Nouveau démarrage du DG1 : les valeurs mesurées sont d'environ 200 volts et 20 Hz.

Après une autre tentative de démarrage, les connexions électriques sont vérifiées ; aucune anomalie n'est constatée.

À **17h19**, le chef mécanicien et l'ETO2 sont au PC machine pour une dernière tentative de démarrage du DG1. L'ETO1 se tient à proximité du DG1.

Dès le lancement, le moteur atteint une vitesse de rotation très supérieure à la normale, sans déclenchement d'alarme de survitesse.

Au PC machine, l'ETO2 ne parvient pas à stopper le DG1 au tableau principal, alors qu'un arc électrique de grande longueur manque de l'atteindre. Le disjoncteur du tableau principal du DG1 prend feu et le PC machine est envahi par une épaisse fumée noire.

À **17h25**, perte totale d'énergie et de propulsion et démarrage automatique du groupe électrogène de secours. Le chef mécanicien se précipite à l'atelier machine pour informer la passerelle que le PC machine est envahi par la fumée. En accord avec le capitaine, il déclenche la fermeture des vannes VFR (Vannes à Fermeture Rapide) du combustible.

À **17h27**, le personnel machine présent évacue le PC machine. Dans la minute qui suit, fermeture automatique des portes étanches. Le chef mécanicien se poste alors devant l'atelier et attend le retour des autres membres de l'équipe machine. Lorsque l'équipe travaillant à cette heure est au complet, elle se rend au point de rassemblement situé au pont 5, à proximité du PC machine.

2.5 Intervention (lutte contre l'incendie)

À **17h34**, arrêt de la ventilation.

À **17h36**, le capitaine ordonne à l'ensemble de l'équipage et des passagers de se rendre aux points de rassemblement. Les communications entre le chef mécanicien et la passerelle se font depuis le PC cargaison.

À **17h44 - 45**, un membre d'équipage et un passager manquent à l'appel à leurs points de rassemblement respectifs.

À **17h47**, entrée de la première équipe de pompiers au PC machine. Deux membres d'équipage manquent à l'appel. Nouvelle annonce générale.

À **17h49**, la première équipe de pompiers qui est intervenue rapporte qu'il n'y a pas de feu visible dans le PC machine, bien qu'il y ait une fumée épaisse.

À **17h51**, équipage au complet aux postes de rassemblement.

À **17h52**, le PC machine est toujours envahi de fumée.

À **17h53**, le capitaine ordonne le déplacement de tous les passagers vers le poste de rassemblement F pour recomptage.

À **17h56**, les deux équipes de pompiers rapportent la présence de flammes au PC machine.

À **17h58**, feu confirmé au PC machine. Le capitaine ordonne aux équipes de pompiers de se replier vers les points de rassemblement, en prévision de l'utilisation du CO₂. Alarme générale et information au MRCC Douvres.

À **18h09**, du fait de l'absence de CO₂ fixe au PC machine, ordre est donné de rassembler les extincteurs CO₂ portatifs sur la zone de l'incendie.

De **18h12** à **18h21**, le MRCC est informé des moyens de lutte incendie déployés et de l'absence d'un chauffeur routier à l'appel.

À **18h39**, les équipes de pompiers rapportent que le gros de l'incendie est éteint ; il reste à combattre un feu de moindre importance. Un début d'incendie est signalé dans le compartiment des DG, sans plus de précision. Le déclenchement du CO₂ est envisagé.

À **18h41**, annonce à l'équipage de se préparer au déclenchement du CO₂.

À **18h44**, le chef des opérations de lutte incendie rapporte que la situation est « gérable ».

À **18h47**, l'incendie au PC machine est éteint.

À **19h05**, le capitaine ordonne d'utiliser les extincteurs à poudre sur la zone affectée par l'incendie.

À **19h17**, fumées résiduelles au PC machine.

À **19h50**, la température au niveau du disjoncteur DG1 est de 100°C. Les équipes de pompiers identifient les points chauds et les risques de reprise du feu.

De **19h55** à **20h49**, la température au niveau du disjoncteur DG1 baisse progressivement jusqu'à 40-50°C.

À **21h21**, le capitaine autorise l'ouverture des ventelles pour renouvellement de l'air dans le compartiment machine (ventilation naturelle).

3 Exposé

3.1 Chronologie

Heures TU

Le 17 février 2023,

À **05h39** l'officier électricien (ETO1) informe la société Turner ECS par e-mail des problèmes rencontrés sur le DG1 : arrêt du DG1 sans alarme, et prise de toute la charge (lorsque l'appel de charge est important) par l'autre DG en service, jusqu'au démarrage d'un DG disponible.

À **17h58** Turner ECS (support industriel Woodward) répond que les causes du problème peuvent être multiples :

- incapacité du moteur à fournir la charge demandée,
- problème d'actionneur,
- limiteur de débit sur le circuit combustible,
- possibilité d'un ordre d'arrêt externe.

Turner ECS précise également que le mieux est de connecter l'outil de diagnostic au régulateur. En cas de difficulté un service d'assistance peut être contacté.

En attendant, le bord fait une tentative de résolution du problème en connectant le régulateur du DG1 en lieu et place de celui du DG3. L'essai s'avère non concluant et les deux régulateurs sont reconnectés tels que câblés initialement, à savoir câblage de l'entrée n°32 uniquement sur le régulateur du DG1.

Le 23 février,

À **16h55** le chef mécanicien fait une demande d'intervention à bord auprès de l'antenne britannique de Turner ECS. Il précise que le régulateur envoie vraisemblablement un signal de « Retour de puissance » vers le PMS, ce qui provoque l'ouverture du disjoncteur.

Le chef mécanicien précise les caractéristiques détaillées de l'installation.

Le 24 février,

À **09h12** le chef mécanicien réitère sa demande.

À **12h34** Turner ECS répond qu'ils étudient la possibilité de mobiliser un ingénieur à Calais ou à Douvres.

Turner ECS demande si des rechanges sont disponibles à bord, ainsi que le planning des rotations du navire.

À **12h50** le chef mécanicien transmet l'horaire du navire et l'état des rechanges à bord :

- 1 actionneur révisé,
- 1 régulateur électronique dont l'état est inconnu.

À **13h11** Tumer ECS accuse réception.

Le 27 février,

À **09h36** le chef mécanicien interroge à nouveau Tumer ECS sur la disponibilité d'un ingénieur.

Le 28 février,

À **10h22** nouvelle demande du chef mécanicien à Tumer ECS, plus pressante.

À **17h16** Turner ECS répond qu'ils ne pourront pas mobiliser un ingénieur avant au moins deux semaines.

Le 1er mars,

À **08h31** compte tenu de l'indisponibilité des ingénieurs Tumer ECS, le responsable de la flotte de l'armement Matrix sollicite la société Powerdrive Governor Services. Le chef mécanicien est en copie du message.

À **10h02** le directeur de Powerdrive (*Managing Director*) répond qu'un ingénieur est disponible pour intervenir dans un court délai. Il demande quelques précisions techniques.

Peu après le chef mécanicien fournit les caractéristiques techniques demandées.

À **10h12** Powerdrive répond que le système requiert un logiciel adapté pour dialoguer avec le régulateur 2301D.

Powerdrive demande au chef mécanicien si le logiciel requis est à bord. Powerdrive précise qu'ils pourront vérifier le mécanisme de l'actionneur et l'électronique du régulateur.

De plus, un partenaire de Powerdrive aux Pays-Bas pourrait apporter son assistance.

À **10h19** le chef mécanicien répond que le logiciel requis n'est pas à bord. Il précise qu'une permutation avec le régulateur de rechange a été effectuée, sans amélioration de la situation.

Le régulateur d'origine a donc été réinstallé.

À **11h23** Powerdrive transmet au bord l'analyse faite par leur partenaire :

Un « retour de puissance » ne devrait pas provenir du régulateur 2301D, mais plutôt d'un autre composant (le disjoncteur, l'alternateur ou l'AVR, régulateur automatique de tension) ou d'un signal externe, voire d'un « refus » du DG de prendre la charge.

Le partenaire de Powerdrive indique qu'aucun ingénieur n'est disponible avant deux ou trois semaines.

Compte tenu des difficultés rencontrées pour obtenir une assistance externe à bord, le chef mécanicien et les deux ETOs reprennent leurs investigations.

Le 3 mars,

Vers **17h20**, le chef mécanicien et l'ETO2 sont au PC machine pour une dernière tentative de démarrage du DG1. L'ETO1 est devant le DG1 ; suivant les instructions (du chef mécanicien) relayées par son collègue, il débranche le capteur de vitesse du volant moteur.

Lorsque le DG1 est démarré depuis le PC machine, le moteur atteint presque instantanément une vitesse de rotation très supérieure à la normale, sans déclenchement de l'alarme de survitesse. Prenant conscience du danger, l'ETO1 se précipite vers le PC machine.

À **17h25**, black-out et démarrage du groupe de secours.

À **17h27**, l'équipe passerelle évalue la situation du trafic à proximité, déclenche l'alarme dans les locaux équipage et fait une annonce aux passagers.

À **17h29**, appel du MRCC Douvres par VHF.

À **17h30**, les feux de navire non maître de sa manœuvre sont allumés. Point de situation avec le MRCC.

À **17h33**, annonce bilingue aux passagers.

À **17h38**, accord du MRCC pour mouiller ; le navire est à l'intérieur de la voie nord-est du DST (Dispositif de Séparation de Trafic) du Pas-de-Calais.

À **17h40**, ordre est donné au maître d'équipage de dévirer l'ancre jusqu'au niveau de l'eau. Celui-ci répond qu'il n'y a plus de courant au guindeau.

À **17h41**, le MRCC est informé de la situation. Autorisation de rester à la dérive (fonds de 45 à 50 mètres).

À **17h42**, le responsable de la gestion de la sécurité de la compagnie (DPA) est informé de la situation. Premier message de sécurité diffusé trois fois toutes les 20 à 30 minutes.

À **17h57**, ordre de mouiller l'ancre bâbord.

À **18h02**, l'assistance d'un remorqueur est demandée.

À **18h08**, six maillons à l'eau.

À **18h27**, recomptage des passagers avant de relancer une nouvelle recherche dans tout le navire. Le passager manquant est retrouvé endormi. Le MRCC est informé.

À **18h33**, le capitaine vérifie auprès du commissaire le bien-être des passagers.

À **18h34**, les passagers sont informés qu'ils peuvent retirer leurs gilets de sauvetage, mais en les gardant avec eux. Distribution de repas et de bouteilles d'eau.

À **18h43**, les trois canots de sauvetage RNLI de Ramsgate, Douvres et Dungeness font route vers l'ISLE OF INNISFREE.

À **18h46**, l'équipage des embarcations de sauvetage tribord annonce qu'il se prépare pour une évacuation, à titre de précaution.

À **18h52**, mise en œuvre de l'ABEILLE NORMANDIE (à Boulogne-sur-Mer).

À **19h04**, communication entre le MRCC Douvres et le contrôle des opérations RNLI pour désigner l'équipe d'intervention.

À **19h24**, le navire chassant sur son ancre, un maillon supplémentaire est déviré.

À **19h26**, annonce aux passagers que la situation est sous contrôle.

À **21h05**, les dispositions pour le remorquage sont prises en accord avec l'ABEILLE NORMANDIE. Compte tenu de la configuration de la plage avant, il s'avère risqué de capeler la remorque de l'ABEILLE NORMANDIE sans un gréement adapté. Les commandes hydrauliques des portelones d'accès du ferry ne fonctionnant pas, l'équipe d'intervention de l'ABEILLE NORMANDIE ne peut pas être transférée à bord.

À **22h10**, le capitaine informe le port de Calais du besoin de remorqueurs portuaires pour l'accostage.

À **23h42**, remorque de l'ABEILLE NORMANDIE capelée sur la plage arrière de l'ISLE OF INNISFREE.

À **23h48**, la ligne de mouillage est larguée à l'étalingure. Position : 50°59,9' nord – 001°29,6' est. Début du remorquage par tribord arrière (200 mètres de remorque) : le remorquage est stable à 4 nœuds.

Le 4 mars,

À **02h38**, pilote Calais à bord, après déblocage de la commande hydraulique d'un des deux portelones.

À **02h55**, réduction de la remorque à 100 mètres.

De **02h38 à 03h10**, remorqueurs NOROIT et SUROIT en assistance (rupture à trois reprises des remorques capelées sur la plage avant). L'absence d'énergie sur les treuils complique les opérations.

À **03h13**, remorque de l'ABEILLE NORMANDIE larguée.

À **07h38**, remorqueur BORA en assistance.

À **08h01**, franchi les jetées à 2 nœuds, assisté des remorqueurs.

À **08h28**, le navire est accosté tribord à quai.

À partir de **11h46**, par précaution, assistance des remorqueurs SUROIT et NOROIT qui se relaient toutes les six heures.

Le 6 mars,

À **16h15**, reprise de l'amarrage du navire en utilisant ses propres treuils.

Les 9 - 10 mars,

Intervention ABB

Après un premier état des lieux et une série de contrôles et de réinitialisations des automatismes, le technicien ABB effectue la remise en route :

- du PMS1 DG1. Il constate alors que la licence des équipements informatiques ABB (qui était temporaire) a expiré (sans toutefois affecter leur fonctionnement). Il constate également que les disjoncteurs des DG1 et 3 ont été permutés (les adresses IP sont inversées au tableau de commande).
- de l'automate (Process Automation System ABB 800xA).
- de l'ordinateur d'enregistrement des alarmes et événements qui n'était plus dans « la boucle » depuis le 21 février (Prilog, Alarms and event logging computer).

Avant de quitter le bord, il effectue une sauvegarde du fichier des événements survenus entre le 1^{er} février et le 4 mars pour analyse ABB.

Son rapport fait état d'un certain nombre de recommandations et d'actions qui ont par la suite été effectuées par le bord.

Le 16 mars,

Intervention Turner ECS

Après vérification du paramétrage du régulateur du DG1, le technicien Turner ECS constate que les valeurs en mémoire sont incorrectes, notamment :

- la vitesse nominale de fonctionnement (900 tr/mn au lieu de 750tr/mn pour les DG2, 3 et 4),
- la survitesse (2000 tr/mn au lieu de 840 tr/mn pour les DG2, 3 et 4),
- le comptage du nombre de dents du volant moteur (60 dents au lieu de 258 pour les DG2, 3 et 4).

À l'issue des différents contrôles, le paramétrage du régulateur est sauvegardé avec les valeurs correctes par l'intervenant.

3.2 Contrôles effectués, principales avaries et anomalies constatées

3.2.1 Principales avaries au PC machine

Les avaries au PC machine ont été provoquées par le puissant arc électrique, au niveau du disjoncteur du DG1, et l'incendie du tableau principal qui en a résulté. Les appareils et nappes de câbles du PC machine ont été partiellement recouverts de suie.

Il a été constaté des dégâts de moindre importance sur des éléments pourtant situés à proximité d'équipements détruits ou fortement endommagés.

Arc électrique :

Principaux équipements détruits ou endommagés :

- le disjoncteur du DG1,
- les transformateurs d'isolement (*isolator*),
- les barres du tableau principal,
- une partie des nappes de câbles.

3.2.2 Sélection du mode manuel

Au cours du troisième trimestre 2023, une investigation complémentaire effectuée à la demande de l'armement, a mis en évidence la sélection du mode manuel sur les commutateurs des DG2, 3 et 4, désactivant ainsi les unités de protection DEIF 2, 3 et 4. Malgré la destruction des équipements du DG1 au tableau principal, l'investigation conclue qu'il est fortement probable que le mode manuel était également sélectionné sur les commutateurs du DG1.

3.2.3 Contrôles du Diesel générateur n°1

Alternateur :

Turbosoufflante :

Les principaux éléments ont été contrôlés et nettoyés par la société TSI (Turbo Service International) le 3 avril.

TSI recommande le remplacement :

- des ailettes de la turbine,
- de l'impulseur (roue aval),
- de certains roulements,
- des paliers et garnitures des parties turbine et compresseur.

Le microbillage (*micro blasting*) des paliers de l'impulseur et de l'inducteur (roue amont) est également recommandé.

Moteur Diesel :

Démontage, mesure des jeux et contrôles de l'état des parties mobiles et fixes du moteur par la société OMTD Dunkerque du 20 au 25 avril.

A l'issue de la visite, OMTD recommande le reconditionnement ou le remplacement de pièces majeures (notamment les culasses et le corps des pompes d'injection).

3.3 Remorquage

La plage avant de l'ISLE OF INNISFREE est constituée d'une plate-forme sans chaumards reposant, à son extrême avant, sur deux épontilles (cf. figure 3).



Figure 3 - Source : website VesselFinder

Cette configuration présente un fort risque d'avaries, qui pourraient être provoquées par la pantoire du remorqueur, en cas d'embarquées au cours d'un remorquage en haute mer.

De même, l'utilisation des chaumards situés de chaque bord n'est pas adaptée à un remorquage en haute mer.

Seul un gréement adapté avec une patte d'oie permettrait un remorquage sécurisé dans l'axe du navire.

Le plan de remorquage d'urgence de l'ISLE OF INNISFREE s'est avéré incomplet pour être exploité par l'équipage de l'ABEILLE NORMANDIE (notamment du fait de l'absence des valeurs de résistance des équipements dédiés au remorquage).

Ces constats s'appliquent également au remorquage portuaire et mettent en lumière la question du remorquage des futurs navires rouliers amphidromes (dont les plages avant et arrière sont semblables à la plage avant de l'ISLE OF INNISFREE), en cas d'avarie majeure de la propulsion.

4 Analyse

La méthode retenue pour cette analyse est celle qui est préconisée par la Résolution A28 / Res 1075 de l'OMI « directives destinées à aider les enquêteurs à appliquer le code pour les enquêtes sur les accidents (Résolution MSC 255 (84)) ».

Le *BEAmer* a établi la séquence des événements ayant entraîné l'accident, à savoir, chronologiquement :

1. **Connexion et paramétrage du régulateur de vitesse 2301D du Diesel générateur n°1**
2. **Délai d'intervention des sociétés de services**
3. **Procédure de recherche de panne par le bord**
4. **Désactivation des unités de protection des DG**

Dans cette séquence, les événements dits perturbateurs (événements déterminants ayant entraîné les accidents et jugés significatifs) ont été identifiés.

Ceux-ci ont été analysés en considérant les éléments naturels, matériels, humains et procéduraux afin d'identifier les facteurs ayant contribué à leur apparition ou ayant contribué à aggraver leurs conséquences (*facteurs contributifs*). Parmi ces facteurs, ceux qui faisaient apparaître des problèmes de sécurité présentant des risques pour lesquels les défenses existantes étaient jugées inadéquates ou manquantes ont été mis en évidence (*lacunes de sécurité*).

Les facteurs sans influence sur le cours des événements ont été écartés, et seuls ceux qui pourraient, avec un degré appréciable, avoir pesé sur le déroulement des faits ont été retenus.

4.1 Connexion et paramétrage du régulateur de vitesse 2301D du Diesel générateur n°1

4.1.1 Connexion du régulateur

Seule la borne d'entrée n°32 du régulateur de répartition de charge et de contrôle de vitesse 2301D du DG1 est câblée. L'aspect de ce câble est identique à celui des câbles des autres bornes d'entrée et de sortie du régulateur (cf. figure 4). Il est donc très probable que ce câblage particulier soit « d'origine », en tout cas antérieur à l'acquisition du navire par l'armement Matrix Ship Management Ltd.

Les schémas de câblage du navire et les investigations menées par l'armement ne permettent pas de visualiser le raccordement alors effectué au départ de l'armoire principale du DG1 (pratiquement totalement détruite) vers le régulateur.

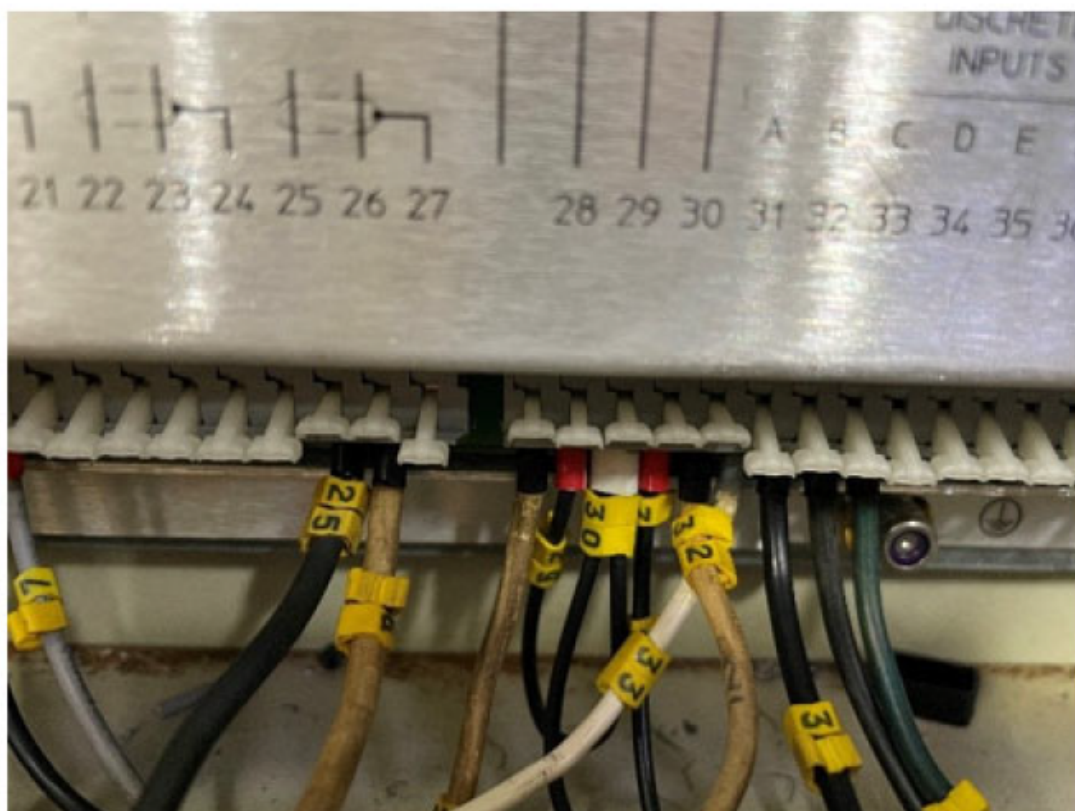


Figure 4 : câblage du régulateur 2301D du DG1

4.1.2 Paramétrage du régulateur

Le technicien Turner ECS a constaté que les paramètres de contrôle de la vitesse en mémoire dans le régulateur 2301D du DG1 étaient erronés. De ce fait, il émet l'hypothèse que les valeurs nécessaires au bon fonctionnement ont vraisemblablement été sauvegardées en mémoire vive (donc « volatile »), lors de la dernière intervention effectuée à l'aide du logiciel de paramétrage, et non pas sur le disque dur de l'équipement. Cette intervention est a priori antérieure à l'acquisition du navire par Matrix Ship Management Ltd.

Dans ces conditions, en cas d'interruption de l'alimentation électrique, les valeurs nécessaires au bon fonctionnement du moteur sont perdues. Le risque que le régulateur conserve en mémoire vive des données erronées est alors plus important si l'interruption de l'alimentation électrique est due à un dysfonctionnement.

Le *BEAMER* remarque que les particularités ci-dessus n'ont pas affecté le fonctionnement du DG1 avant la mi-février 2023.

4.2 Délai d'intervention des sociétés de services

Malgré les demandes insistantes du bord, les sociétés Turner ECS et Powerdrive Governor Services (PGS) ne pouvaient pas libérer un de leurs techniciens pour un dépannage dans un délai inférieur à plusieurs semaines.

Cette situation a été aggravée par l'absence à bord d'un logiciel permettant la calibration et le paramétrage du régulateur 2301D, tel que requis dans le manuel Woodward 26055.

Le manuel précise toutefois que ce logiciel n'est pas nécessaire pour le fonctionnement courant de l'installation.

Les délais annoncés par les entreprises spécialisées pour une intervention à bord, constituent un premier **facteur ayant contribué** à l'accident.

Le paramétrage du régulateur aurait cependant pu être contrôlé par le bord, s'il avait disposé du logiciel adapté, en ayant recours à l'assistance d'une « hotline » avec un technicien spécialisé.

4.3 Procédure de recherche de panne par le bord

4.4 Désactivation des unités de protection des DG

Le couplage d'un DG en toute sécurité est autorisé lorsque les valeurs de tension, de phase et de fréquence sont optimales. La désactivation de l'unité de protection du DG1 (hypothèse la plus probable compte tenu du constat effectué sur les DG2, 3 et 4) a très certainement ajouté au dysfonctionnement provoqué par le débranchement du capteur de vitesse. Dans ces conditions,

la fermeture du disjoncteur du DG1 sur les barres a été possible, alors que les conditions de couplage n'étaient pas atteintes.

Matrix Ship Management Ltd affirme toutefois que la sélection, en mode manuel, des commutateurs d'activation des unités de protection des DG est antérieure à l'acquisition du navire.

5 Conclusions

- Les investigations, menées par les deux officiers électrotechniciens (supervisés par le chef mécanicien de l'équipage de jour) de la mi-février 2023 à la date de l'accident, visaient à remédier aux dysfonctionnements de la régulation de charge et de vitesse du DG1.
- L'échéance de la visite Directive par les autorités maritimes françaises approchant, la demande d'assistance par le bord auprès d'entreprises spécialistes du domaine (Turner ECS, PGS et une entreprise partenaire de PGS) était pressante.
- Ces entreprises n'étaient cependant pas en mesure de libérer une ressource dans un délai inférieur à 2-3 semaines.
-
- La dernière tentative de démarrage du DG1, capteur de vitesse débranché, a entraîné une survitesse du moteur et une tension supérieure à 2000 volts sur les barres et sur le disjoncteur DG1 au tableau principal, provoquant un incendie.
-
-
- La sélection, en mode manuel, de la gestion du couplage des DG2, 3 et 4, et vraisemblablement du DG1, n'a pas été perçue par les officiers électrotechniciens.
- L'incendie au PC machine a été éteint par l'équipage en 1 heure et 20 minutes, sans faire de blessés.
- Le navire a été remorqué par l'arrière par l'ABEILLE NORMANDIE, la configuration de la plage avant présentant des risques d'avarie en cas d'embarquées du navire remorqué.
- L'ISLE OF INNISFREE a été remis en service le 11 mars 2023.

6 Mesures prises par l'armement

1. Opération de nettoyage du PC machine (notamment la suie qui s'est déposée et infiltrée sur la quasi-totalité des appareils et des nappes de câbles).
2. Réalisation des opérations recommandées par ABB :
 - Remplacement des gaines de ventilation et des carters de ventilateurs endommagés.
 - Remplacement du moniteur de l'enregistreur Prilog.
 - Enregistrement de l'adressage des disjoncteurs des DG 1 et 3.
 - Enregistrement d'une nouvelle licence avec l'unité de communication mise en service (CI853).
 - Remplacement des alimentations des contacts Phoenix QUINT.
 - Remplacement ou nettoyage des connexions d'entrées-sorties (I/O) du tableau ABB endommagées par la fumée.
 - Elimination des défauts d'isolement.
 - Poursuite des investigations.

7 Enseignements

1. **2024-E-08** : en conformité avec le paragraphe 10 « Maintien en état du navire et de son armement » du code ISM, alinéa 10.3, l'administration du pavillon devrait être systématiquement informée des mesures prises par l'armement lorsque le navire est exploité dans des conditions particulières, dues à l'indisponibilité de certains équipements (en l'occurrence trois DG disponibles sur quatre).
2. **2024-E-09** : les manuels opérateur, disponibles à bord ou téléchargeables, doivent impérativement être étudiés en détail avant d'entreprendre des recherches de pannes, notamment sur les appareils peu fréquemment manipulés.
3. **2024-E-10** : un régulateur hydromécanique, intégré à la chaîne de régulation, aurait assuré la sauvegarde mécanique du Diesel Générateur n°1.

8 Recommandations

Le **BEA**mer recommande :

À l'armement **Matrix Ship Management Ltd** :

1. **2024-R-03** : de négocier des contrats d'assistance externe avec, si nécessaire, des délais d'intervention courts dans les domaines où les bords peuvent être confrontés à des pannes complexes.
2. **2024-R-04** : de s'assurer de la bonne application du paragraphe 7 du code ISM « Etablissement de plans pour les opérations à bord », lorsque les travaux à entreprendre nécessitent une étude préalable.

Une recommandation de sécurité ne doit en aucun cas faire naître une présomption de responsabilité ou de faute.

Liste des abréviations

Abbreviation list

BEAmer	: Bureau d'enquêtes sur les événements de mer
Adresse IP	: Adressage Internet Protocol
AVR	: Automatic Voltage Regulation
DG	: Diesel Generator
DPA	: Designated Person Ashore
DST	: Dispositif de Séparation du Trafic
ECR	: Engine Control Room
ETO	: Electro-Technician Officer
GPU	: Generator Protection Unit
Hz	: Hertz
ISM	: Code international de gestion de la sécurité (<i>International Safety Management</i>)
MRCC	: Maritime Rescue Coordination Center
OMTD	: OGEPAR Moteur Technologie Dunkerque
PC machine	: local de commande des machines
PMS	: Power Management System
PLC	: Programmable Logic Controller
PSC	: Port State Control / contrôle par l'état du port
RNLI	: Royal National Lifeboat Institution
TU/UTC	: temps universel / UT / GMT
TSS	: Traffic Separation Scheme
Ui	: tension d'isolement
VFR	: Vanne à Fermeture Rapide
VHF	: appareil de radiocommunication à très haute fréquence (Very High Frequency)

Synoptique de la production électrique du navire
Synoptic view of the ship's electrical production

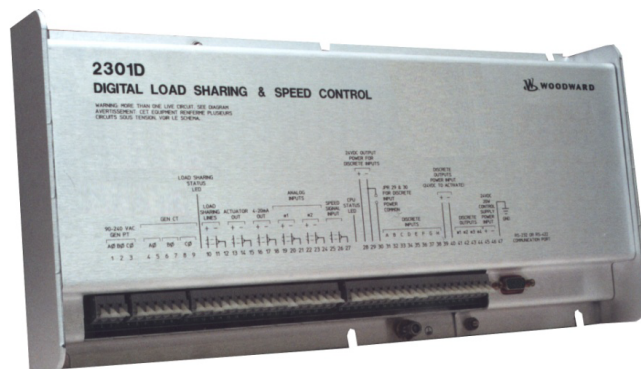


Tableaux électriques des DG au PC machine après l'incendie
DG's switchboard in the engine control room after the fire





**Product Manual 26065
(Revision K)
Original Instructions**



**2301D Digital Load Sharing
and Speed Control for Engines**

**Ordinary Locations—8273-101
Hazardous Locations—8273-135, -1000**

Installation and Operation Manual

IMPORTANT



This is the safety alert symbol. It is used to alert you to potential personal injury hazards. Obey all safety messages that follow this symbol to avoid possible injury or death.

DEFINITIONS

- **DANGER**—Indicates a hazardous situation which, if not avoided, will result in death or serious injury.
- **WARNING**—Indicates a hazardous situation which, if not avoided, could result in death or serious injury.
- **CAUTION**—Indicates a hazardous situation which, if not avoided, could result in minor or moderate injury.
- **NOTICE**—Indicates a hazard that could result in property damage only (including damage to the control).
- **IMPORTANT**—Designates an operating tip or maintenance suggestion.

WARNING

The engine, turbine, or other type of prime mover should be equipped with an overspeed shutdown device to protect against runaway or damage to the prime mover with possible personal injury, loss of life, or property damage.

The overspeed shutdown device must be totally independent of the prime mover control system. An overtemperature or overpressure shutdown device may also be needed for safety, as appropriate.



Read this entire manual and all other publications pertaining to the work to be performed before installing, operating, or servicing this equipment. Practice all plant and safety instructions and precautions. Failure to follow instructions can cause personal injury and/or property damage.



This publication may have been revised or updated since this copy was produced. To verify that you have the latest revision, be sure to check the *publications page* on the Woodward website: www.woodward.com/publications

The current revision and distribution restriction of all publications are shown in manual **26311**.

The latest version of most publications is available on the *publications page*. If your publication is not there, please contact your customer service representative to get the latest copy.



Any unauthorized modifications to or use of this equipment outside its specified mechanical, electrical, or other operating limits may cause personal injury and/or property damage, including damage to the equipment. Any such unauthorized modifications: (i) constitute "misuse" and/or "negligence" within the meaning of the product warranty thereby excluding warranty coverage for any resulting damage, and (ii) invalidate product certifications or listings.

NOTICE

To prevent damage to a control system that uses an alternator or battery-charging device, make sure the charging device is turned off before disconnecting the battery from the system.

NOTICE

To prevent damage to electronic components caused by improper handling, read and observe the precautions in Woodward manual **82715**, *Guide for Handling and Protection of Electronic Controls, Printed Circuit Boards, and Modules*.

■ Revisions—Text changes are indicated by a black line alongside the text.

Woodward reserves the right to update any portion of this publication at any time. Information provided by Woodward is believed to be correct and reliable. However, no responsibility is assumed by Woodward unless otherwise expressly undertaken.

Copyright © Woodward 2000
All Rights Reserved

Contents

REGULATORY COMPLIANCE	IV
ELECTROSTATIC DISCHARGE AWARENESS	V
CHAPTER 1. GENERAL INFORMATION.....	1
Description.....	1
Applications	2
Control Options.....	2
References	3
CHAPTER 2. INSTALLATION.....	9
Introduction	9
Unpacking.....	9
Power Requirements	9
Location Considerations	9
Electrical Connections	10
Shields and Grounding	10
Setting Speed Range	11
Potential Transformer Connections	11
Current Transformer Connections	11
Load Sharing Lines.....	12
Power Supply	12
Discrete Inputs (Terminals 28–38)	13
Close to Run or Minimum Fuel (Terminal 31)	13
Failed Speed Signal Override (Terminal 32)	14
Rated Speed (Terminal 33)	14
CB Aux/Droop Contact (Terminal 34).....	14
Raise Speed/Load Contact (Terminal 35).....	15
Lower Speed/Load Contact (Terminal 36)	16
Load Generator (Terminal 37).....	16
Base Load (Terminal 38)	16
Actuator Output	16
Speed and Phase Matching (SPM) Synchronizer	17
(Analog Input #1; Terminals 19-20).....	17
Remote Speed/Load Set Point/Auxiliary Input	17
(Analog Input #2; Terminals 22-23).....	17
Speed Sensor.....	17
Relay Driver Outputs (Terminals 41–44).....	18
Analog Output #1 (Terminals 16-17)	18
RS-232 Communication Port.....	18
Installation Check-out Procedure	19
CHAPTER 3. ENTERING CONTROL SET POINTS.....	20
Introduction	20
Watch Window PC Interface.....	20
Configure Menu Descriptions	22
Service Menu Descriptions.....	24
I** ANALOG INPUTS SETTINGS **	37
Adjust For Stable Operation	43
Speed Setting Adjustment.....	43
Dynamic Adjustment.....	44
Actuator Compensation Adjustment	44
Low Idle Speed Adjustment.....	44

Illustrations and Tables

Figure 1-1a. 2301D Outline Drawing (Ordinary Locations)	4
Figure 1-1b. 2301D Outline Drawing (Hazardous Locations)	5
Figure 1-2. 2301D Plant Wiring Diagram (sheet 1)	6
Figure 1-2. 2301D Plant Wiring Diagram (sheet 2)	7
Figure 1-2. 2301D Plant Wiring Diagram (notes)	8
Figure 2-1. Installation of Wiring into Terminal	11
Figure 2-2. Droop Contact and Circuit Breaker Auxiliary Contact	15
Figure 3-1. Control Gain as a Function of Speed Error	25
Figure 3-2. Speed Filter	26
Figure 3-3. Typical Transient Response Curves	27
Figure 3-4. Non-linear Valve Power Curve	30
Figure 3-5. Sample Engine Plot	31
Figure 3-6. Linearized Gain Plot	31
Figure 3-7. Start Limit Function	34
Figure 3-8. Temporary Wiring for Transformer Phase Correction	47
Figure 3-9. Droop Adjustment	49
Figure 4-1. Speed Control System	51
Figure 4-2. Start Limit Function	53
Figure 4-3. Remote Speed Reference	55
Figure 4-4. Paralleling System	59
Figure 4-5. Droop Mode	60
Figure 4-6. Isochronous Mode	61
Figure 4-7. Droop/Isochronous Load Sharing	62
Figure 4-8. Isochronous Load Sharing	62
Table 4-1. Description of Discrete Inputs While in Load Control	58

Chapter 1.

General Information

Description

The Woodward 2301D controls load sharing and speed of generators driven by diesel or gaseous engines. (These power sources are referred to as "prime movers" throughout this manual.) The 2301D is a microprocessor-based digital control designed to include the functions of and be compatible with 2301A load sharing controls. The increased flexibility of software allows the 2301D to include control functions that required additional equipment in previous versions of 2301A control systems. The 2301D therefore is suitable for upgrading existing control systems or increased functionality in new installations.

The control is housed in a sheet-metal chassis and consists of a single printed circuit board. The 2301D is set up and configured through an external computer connected at the 9-pin connector at the front of the control. The configuration software is supplied with each control.

The 2301D provides control in either isochronous, droop, or base load. The 2301D will allow for soft load transfer when being added to or removed from a bus.

The isochronous mode is used for constant prime mover speed with:

- Single prime mover operation or
- Two or more prime movers controlled by Woodward load sharing control systems on an isolated bus

The droop mode is used for speed control as a function of load with:

- Single prime mover operation on an infinite bus or
- Parallel operation of two or more prime movers

The base load mode provides constant load level operation against a bus with the load controlled by the 2301D.

- The load setting is set by a fixed reference,
- or an external input analog input,
- or external contact control of the reference.

The 2301D Control Hardware includes:

- 1 Load Sensor
- 1 Actuator Driver
- 1 MPU Speed Sensor
- 1 Configurable Analog Output
- 2 Configurable Analog Inputs
- 8 Discrete (Switch) Inputs
- 4 Discrete (Relay Driver) Outputs

The following is an example of the typical hardware needed for a 2301D system controlling a single prime mover and generator:

- A 2301D electronic control
- An external 18 to 40 Vdc power source
- A speed-sensing device
- A proportional actuator to position the fuel-metering device and
- Current and potential transformers for measuring the load carried by the generator

The engine and generator synchronous speed (50 or 60 Hz Generator Frequency) needs to be within 300 to 3600 rpm. The frequency from the magnetic pickup must be within the range of 100 to 20 000 Hz at rated speed. The 2301D speed range needs to be configured using an external computer during installation.

These 2301D controls operate with an input of 18 to 40 Vdc.

Applications

Because of the configuration software available in the 2301D hardware, application variations can now be selected using an external computer. Changing the application to accommodate engine speed range, gear teeth, and selection of forward or reverse acting actuator is a matter of software setup rather than changing hardware. See Chapter 3 to enter control set points.



WARNING

The speed range is factory set for 900 rpm, 450 Hz. Using the wrong speed configuration could cause an overspeed with resulting damage to equipment or personal injury or death.

The 2301D Control can be configured for forward- or reverse-acting applications. In reverse-acting systems, the actuator calls for more fuel when the actuator voltage decreases. Complete loss of voltage to the actuator will drive the actuator to full fuel. This allows a backup mechanical ballhead governor to take control rather than shut down the prime mover as would a direct-acting system.

IMPORTANT

External wiring connections for reverse-acting controls are identical to those for direct-acting controls.

Control Options

Here is a brief summary of programmable options in addition to speed range and actuator type:

- Actuator current range 0–20 mA, 4–20 mA, 0–200 mA.
- Speed trim with external raise and lower switches. Tunable rates.
- External setting of analog speed reference input or an external analog base load reference.
- Multiple dynamics options—
 - single dynamics setting
 - selection of 2 sets of dynamics switched with Circuit Breaker Aux input
 - 5 slope gain settings
 - error window gain ratio
- Start fuel limiter
- Analog output
- Discrete outputs

Woodward application engineers are always available to assist you in selection of the correct control for your system, or to answer questions concerning control installation, operation, or calibration. Contact any Woodward office.

References

The following publications contain additional product or installation information on Load Sharing and Speed Controls, and related components. They can be ordered from any Woodward office.

Manual	Title
25070	<i>Electric Governor Installation Guide</i>
25195	<i>Governing Fundamentals</i>
82384	<i>SPM-A Synchronizer</i>
82510	<i>Magnetic Pickups and Proximity Switches for Electric Governors</i>
82715	<i>Guide for Handling and Protection of Electronic Controls, Printed Circuit Boards, and Modules</i>
26007	<i>Woodward Watch Window Software Getting Started</i>

Product Spec	Title
03204	<i>2301D Digital 2301 Control</i>
82383	<i>SPM-A Synchronizer</i>
82516	<i>EG3P/3PC Actuator</i>
82575	<i>EGB1P/2P Governor/Actuator</i>

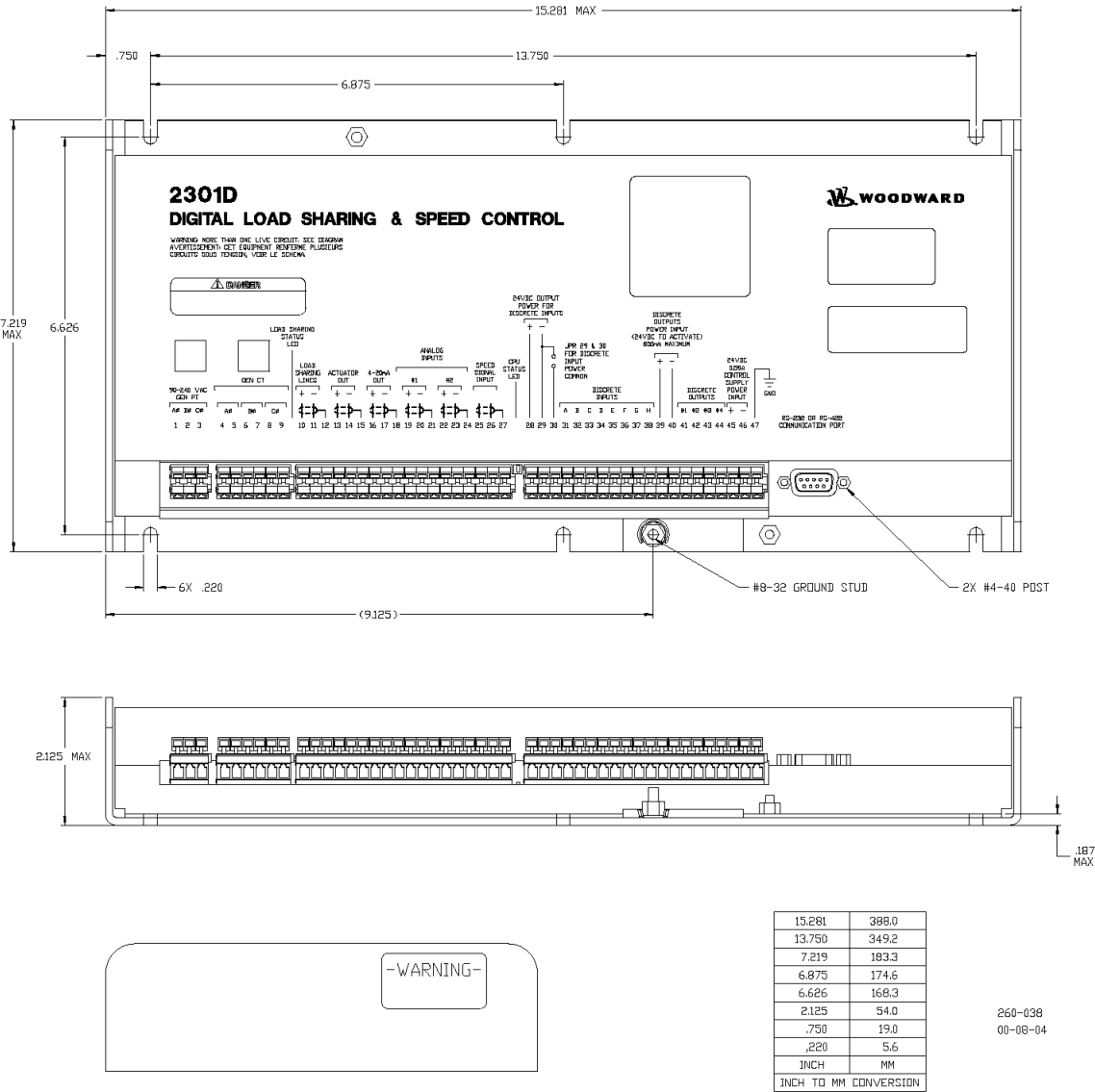


Figure 1-1a. 2301D Outline Drawing (Ordinary Locations)

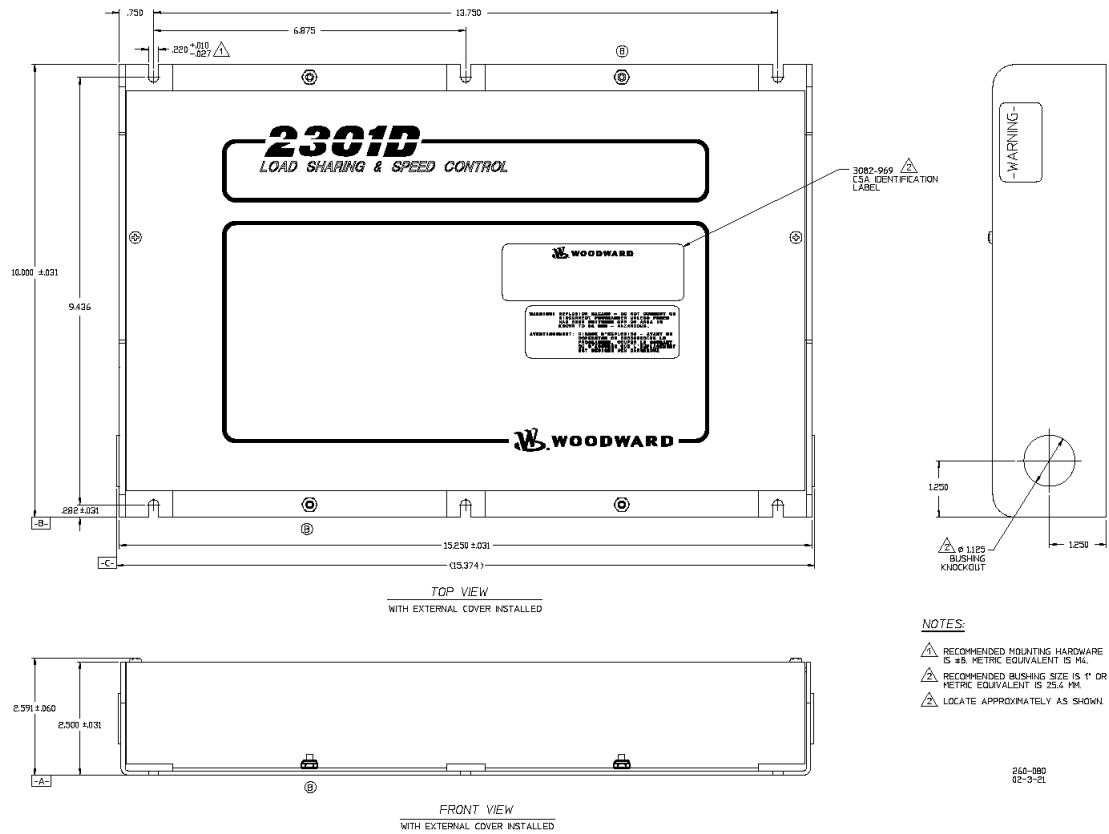


Figure 1-1b. 2301D Outline Drawing (Hazardous Locations)

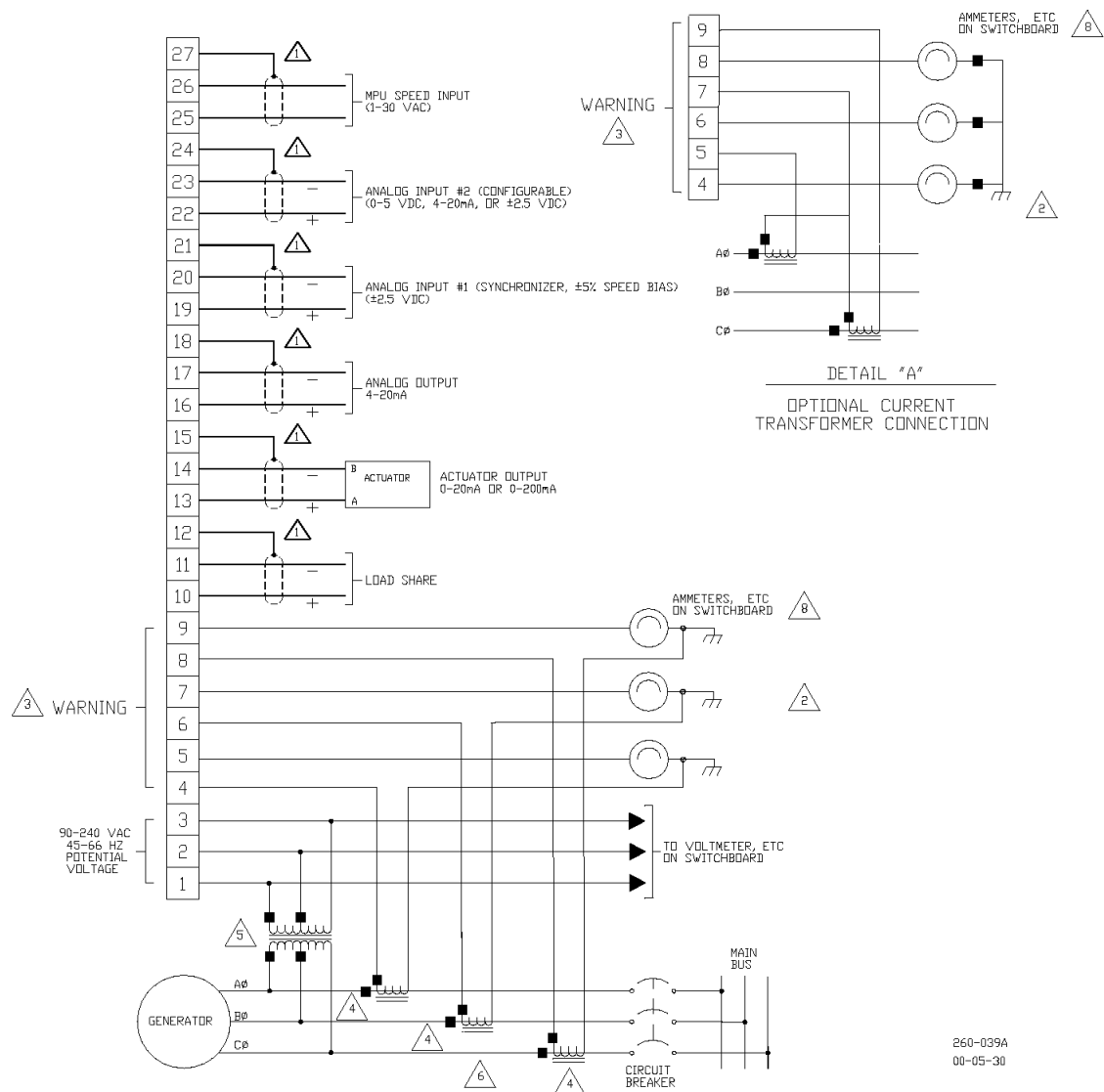


Figure 1-2. 2301D Plant Wiring Diagram (sheet 1)

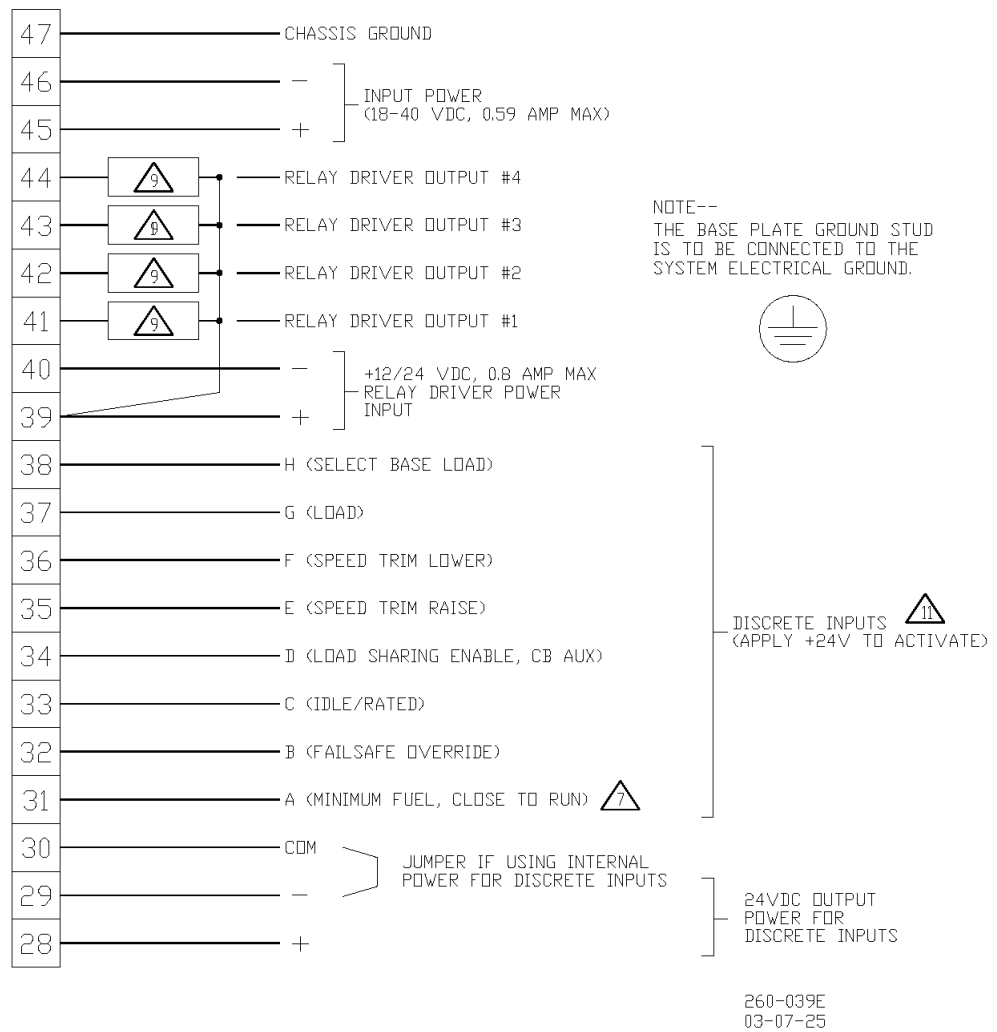


Figure 1-2. 2301D Plant Wiring Diagram (sheet 2)

NOTES:

- 1 SHIELDED WIRES TO BE TWISTED PAIRS, WITH SHIELD GROUNDED AT CONTROL END ONLY.
- 2 POINT OF GROUNDING IF REQUIRED BY WIRING CODE.
- 3 INTERNAL CURRENT TRANSFORMER BURDEN MUST BE CONNECTED ACROSS POWER SOURCE CURRENT TRANSFORMER AT ALL TIMES, TO PREVENT LETHAL HIGH VOLTAGES.
- 4 POWER SOURCE CURRENT TRANSFORMERS SHOULD BE SIZED TO PRODUCE 5 A SECONDARY CURRENT WITH MAXIMUM GENERATOR CURRENT, CURRENT TRANSFORMER BURDEN IS LESS THAN 0.1 VA PER PHASE.
- 5 WITH A BALANCED THREE PHASE LOAD AND UNITY POWER FACTOR, THE CURRENT TRANSFORMERS SHOULD BE WIRED IN THE CORRECT POTENTIAL LEG AND MUST BE PHASED AS FOLLOWS:
 PHASE A: POTENTIAL TERMINAL 1, WITH RESPECT TO NEUTRAL, IN PHASE WITH CT TERMINALS 4 () TO 5.
 PHASE B: POTENTIAL TERMINAL 2, WITH RESPECT TO NEUTRAL, IN PHASE WITH CT TERMINALS 6 () TO 7.
 PHASE C: POTENTIAL TERMINAL 3, WITH RESPECT TO NEUTRAL, IN PHASE WITH CT TERMINALS 8 () TO 9.
- 6 FOR OPTIONAL CURRENT TRANSFORMER CONNECTION, SEE DETAIL "A".
- 7 **WARNING:** DO NOT USE FOR EMERGENCY SHUTDOWN. THE PRIME MOVER SHOULD BE EQUIPPED WITH SEPARATE OVERSPEED, OVERTEMPERATURE OR OVERPRESSURE SHUTDOWN DEVICE(S) TO PROTECT AGAINST RUNAWAY OR DAMAGE TO THE PRIME MOVER WITH POSSIBLE PERSONAL INJURY OR LOSS OF LIFE.
- 8 IF METERS ARE NOT USED, JUMPERS MUST BE INSTALLED IN PLACE OF METERS SHOWN.
- 9 INDICATES RELAY COIL OR LAMP, 200 MA MAXIMUM PER CHANNEL.
- 10 OPTIONAL SEE BOM
- 11 DISCRETE INPUTS WITH CABLE LENGTHS GREATER THAN 30 METERS THAT ARE USED FOR CRITICAL FUNCTIONS, SUCH AS EMERGENCY STOP, SHOULD NOT BE FLOATED IN EITHER AN ON OR OFF STATE. THESE INPUTS SHOULD BE SWITCHED TO +24 VDC OR GROUND.

260-039C
00-07-26

Figure 1-2. 2301D Plant Wiring Diagram (notes)

Chapter 2. Installation

Introduction

This chapter contains general installation instructions for the 2301D control. Power requirements, environmental precautions, and location considerations are included to determine the best location for the control. Additional information includes unpacking instructions, electrical connections, and an installation check-out procedure.

Unpacking

Before handling the control, read page iv, "Electrostatic Discharge Awareness". Be careful when unpacking the electronic control. Check the control for signs of damage such as bent or dented panels, scratches, and loose or broken parts. If any damage is found, immediately notify the shipper.

Power Requirements

The 2301D control requires a voltage source of 18 to 40 Vdc, with a current capacity of at least 900 mA for operating power. If a battery is used for operating power, an alternator or other battery charging device is necessary to maintain a stable supply voltage.

NOTICE

To prevent damage to the control, make sure that the alternator or other battery-charging device is turned off or disconnected before disconnecting the battery from the control.

Location Considerations

This product is intended for installation in a "closed electrical operating area" or in an enclosed industrial control cabinet. Consider these requirements when selecting the mounting location:

- Adequate ventilation for cooling
- Space for servicing and repair
- Protection from direct exposure to water or to a condensation-prone environment
- Protection from high-voltage or high-current devices, or devices which produce electromagnetic interference
- Avoidance of vibration
- Selection of a location that will provide an operating temperature range of -40 to $+70$ °C (-40 to $+158$ °F)
- The control must NOT be mounted on the engine.

Electrical Connections

All inputs and outputs are made through screwless spring-actuated terminal blocks. For EMI reasons, it is recommend that all low-current wires be separated from all high-current wire.

The spring clamp can be actuated by using a standard 2.5 mm or 3/32 inch flat bladed screwdriver. The terminal blocks accept wires from 0.08–4 mm² (27–12 AWG). Two 18 AWG or three 20 AWG wires can be easily installed in each terminal. Wires for the fixed mounted power terminals should be stripped 5–6 mm (0.22 inch) long.

IMPORTANT

Do not tin (solder) the wires that terminate at the terminal blocks. The spring-loaded terminal blocks are designed to flatten stranded wire, and if those strands are tinned together, the connection loses surface area and is degraded.

Shields and Grounding

An individual shield termination is provided at the terminal block for each of the signals requiring shielding. All of these inputs should be wired using shielded, twisted-pair wiring. The exposed wire length beyond the shield should be limited to one 25 mm (1 inch). Relay outputs, contact inputs, and power supply wiring do not normally require shielding, but can be shielded if desired.

The 2301D is designed for shield termination to earth ground at the control. If intervening terminal blocks are used in routing a signal, the shield should be continued through the terminal block. If shield grounding is desired at the terminal block, it should be ac coupled to earth. All other shield terminations except at the control should be ac coupled to earth through a capacitor. A 1000 pF, 500 V capacitor is sufficient. The intent is to provide a low impedance path to earth for the shield at frequencies of 150 kHz and up. Multiple direct connections of a shield to earth risk high levels of current to flow within the shield (exception, see note below on cabinet installations).

Shields can be grounded at both ends (2301D and load) if the cable length is sufficiently short (i.e. within a cabinet) to prevent ground loop current in the shield.

IMPORTANT

Cabinet Installations: If the 2301D is installed in a cabinet, shielded I/O can be terminated directly to the cabinet (earth ground) at the entry to the cabinet, as well as at the control.

For EMC reasons, it is recommend that all low-current wires be separated from all high-current wires. Input Power ground terminal should also be wired to earth ground.

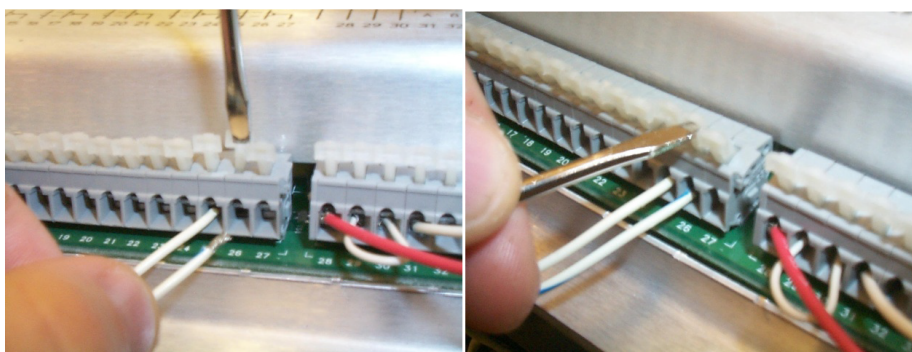


Figure 2-1. Installation of Wiring into Terminal

Setting Speed Range

The Microprocessor inside the 2301D calculates the speed range to be used by entering the engine/generator synchronous speed and number of gear teeth. This configured speed sets the hardware-to-software scaling. The rated speed setting is set in service as the speed reference selected when the Rated switch is closed..

WARNING

The number of gear teeth is used by the control to convert pulses from the speed sensing device to engine rpm. To prevent possible serious injury from an overspeeding engine, make sure the control is properly programmed to convert the gear-tooth count into engine rpm. Improper conversion could cause engine overspeed.

WARNING

The speed range is factory set for 450 Hz, 900 rpm (30 teeth). Refer to Chapter 3 to change speed range and prevent possible overspeed. Using the wrong speed range could cause an overspeed with resulting damage to equipment or personal injury or death.

Potential Transformer Connections

Connect the potential transformer secondary leads to the following terminals:

- Phase A to terminal 1
- Phase B to terminal 2
- Phase C to terminal 3

The potential transformer secondary line-to-line voltage must produce 90 to 120 Vac or 200 to 240 Vac. Refer to the plant wiring diagram, Figure 1-2.

Current Transformer Connections

The standard method of connecting the current transformers is shown in the plant wiring diagram, Figure 1-2. An alternate method is the open delta connection shown in the insert in the plant wiring diagram.

Load Sharing Lines

The Load Sharing Lines provide an analog communication path between compatible controls. The 2301D provides an internal relay for connecting the Load Sharing Signal to the internal circuitry at the appropriate times. When the internal relay is closed, a green LED will illuminate between terminals 9 and 10. Because the load-sharing-line relay is contained in the control, no relay is required between the control and the load-sharing-line bus. Use shielded cable and connect the load-sharing lines directly to terminals 10(+) and 11(–). Connect the shield to terminal 12. When all controls in the system are of the 2301D or 2301A types, the shields may be connected continuously between controls. When load sharing with different controls, do not connect the shields at the point where connections are made to the load-sharing-line bus. The droop contact for selecting droop or isochronous operation is wired in series with the circuit-breaker auxiliary contact between terminal 34 and terminal 28 (see CB Aux/Droop contact).

When running a single unit on an infinite bus with an external load control device, terminals 34 and 37 must be connected to terminal 28 to connect the Load Matching Circuit to the load-sharing lines. The load-sharing lines must be wired to the external load control device. The circuit-breaker auxiliary contact will then be connected to this device and not to the 2301D.

Power Supply

Run the power leads directly from the power source to the control, connecting the negative lead to terminal 46, and the positive lead to terminal 45.

When power is applied, the 2301D begins performing internal memory tests to 'boot-up' the processor, which takes approximately 30 seconds to complete. The CPU Status LED between terminals 27 and 28 remains on during this boot-up. The control will remain in I/O lock and will not control the prime mover until the boot-up is complete. For systems requiring fast start functions, it will be necessary to continuously power the 2301D.

WARNING

DO NOT attempt to start the prime mover while the CPU Status LED is ON.

WARNING

DO NOT apply power to the control at this time. Applying power before a control is completely connected may damage the control.

IMPORTANT

The 18–40 Vdc input power must be supplied from a power supply/battery charger certified to IEC standard with SELV (Safety Extra Low Voltage) classified output. The installer should properly size wiring and fusing for the input power and PT/CT circuits.

Discrete Inputs (Terminals 28–38)

Discrete inputs are the switch input commands to the 2301D control. They interact in such a way as to allow engine control and power management under a variety of conditions. Positive Voltage is supplied to the discrete input terminal when an input switch or relay contact closes. This will cause the input state for that discrete input to be "TRUE" (displayed as "CLOSED"). The input terminal will be open circuited when the input switch or relay contact opens. This will cause the input state for that discrete input to be "FALSE" (displayed as "OPEN"). When the input switch or relay contact is closed, the voltage supplying the discrete inputs should be present from the appropriate discrete input (terminal 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, or 38) to terminal 30 (common). Terminal 30 is the common return path for all of the discrete input channels. A lower voltage indicates that the switch contacts have too high a resistance when closed and should be replaced. These terminals must be isolated from ground.

In systems that provide an external low voltage source to power the 2301D control, the discrete inputs may be powered by this external low voltage. The voltage source used must be capable of supplying 100 mA at a voltage level of 18 to 40 Vdc. Connect the external low voltage source negative to terminal 30(–). Connect the external low voltage source positive to the appropriate input switch or relay contact and connect the mated switch or relay contact to the corresponding discrete input terminal on the 2301D control.

In systems where the external low voltage dc power is not appropriate, the discrete inputs may be powered by the internal 24 Vdc Discrete Input Power source at terminal 28 and 29. This source is capable of supplying 100 mA at a voltage level of 24 Vdc. Connect the internal 24 Vdc voltage source positive from terminal 28 to the appropriate input switch or relay contact, and connect the mated switch or relay contact to the corresponding discrete input terminal on the 2301D control. Assure that a connection exists between terminal 29 and terminal 30 when using the internal Discrete Input Power. Do not power other devices with the internal discrete input power source, and assure that the switch or relay contacts used are isolated from any other circuit or system.

IMPORTANT

Discrete inputs with cable lengths greater than 30 meters that are used for critical functions, such as emergency stop, should not be floated in either an on or off state. These inputs should be switched to +24 Vdc or ground.

Close to Run or Minimum Fuel (Terminal 31)

The external contact used to activate the Close to Run command connects to terminal 31. This discrete input changes the control operation by immediately decreasing the fuel demand to zero. When the switch or relay contacts are closed, the control is allowed to control the fuel in an attempt to control the speed/load of the prime mover. When the switch or relay contacts are open, the Minimum Fuel Function will immediately pull the fuel demand to zero.

WARNING

Do NOT use the minimum fuel contact as part of any emergency stop sequence.

Failed Speed Signal Override (Terminal 32)

A contact to override the failed speed signal circuit can be installed in series with terminal 32 and the dc power to the discrete inputs. When the contact is open, the control operates normally, turning the control output off in the event of a loss of speed signal. Closing the contact overrides the failed speed signal circuit as may be required for start-up. Prior to start-up of the prime mover, the speed signal is nonexistent. On prime movers with cranking motors, the cranking speed is usually sufficient to provide a speed signal, so an override contact on terminal 32 is not needed for starting. On some systems, the Failed Speed Signal Override contact must be closed in order to allow the actuator to open and provide fuel for starting. If a failed speed signal override contact is used, it should be of the momentary type to ensure that the failed speed sensor shutdown circuit is enabled after start-up.

Rated Speed (Terminal 33)

The external contact used to activate the Rated Speed command connects to terminal 33 (Discrete Input C). This discrete input changes the control operation by increasing the speed reference to RATED SPEED and decreasing the speed reference to IDLE SPEED. When the switch or relay contacts are closed, the speed reference will ramp for a time set by the Accel Time to the rated speed control point. When the switch or relay contacts are open, the speed reference will ramp for a time set by the Decel Time to the idle speed control point. The Idle Speed function is disabled by internal logic when the generator breaker is closed. The Rated Speed input should be left closed when the generator breaker is closed. If the application does not require an idle speed setting, the Rated Speed input can be left closed at all times. This can be done by connecting it directly to the positive Discrete Input Power source.

CB Aux/Droop Contact (Terminal 34)

The input switch or relay contact used to activate the Load Control connects to terminal 34. This discrete input is used to switch the control into isochronous mode, which allows the Load Control Function to operate. It is typically connected to an auxiliary contact on the generator circuit breaker. When the breaker closes, the input switch or relay contact should also close. When the external switch or relay contacts are open, the control will operate in Droop Mode. A switch in series with the auxiliary contact on the generator circuit breaker will allow manually selecting Droop Mode or Base Load/Isochronous Mode. Open this switch for Droop Mode. Close this switch for Base Load/Isochronous Modes.

When both the droop contact and circuit-breaker auxiliary contact are closed, the control is in the isochronous load-sharing mode (Figure 2-2). In this mode the internal load-sharing-line relay is energized, the droop signal is disabled permitting isochronous load sharing, and the load-matching circuit is connected to the load-sharing lines. The Generator Load contact at terminal 37 must be closed for isochronous load sharing, otherwise the generator load will be controlled at the unload trip level, and the internal relay will not energize to allow load sharing.

IMPORTANT

The control is in the droop mode whenever the circuit-breaker auxiliary contact is open. If a single prime mover is required to run isochronously with an isolated load, enter Load Droop Percent =0.0 when making *LOAD SETTING* adjustments.

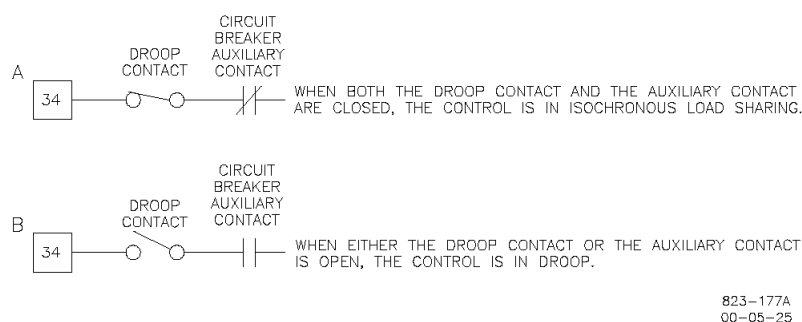


Figure 2-2. Droop Contact and Circuit Breaker Auxiliary Contact

Droop or Baseload operation is required when the generator is paralleled with an infinite bus without a Generator Loading Control, Process Control, Automatic Power Transfer and Load Control, Import/Export Control, or other load controlling accessory, or when paralleled with incompatible governors (all Woodward electric load-sharing systems are compatible). When running a single unit on an infinite bus with a Generator Loading Control or Import/Export Control, terminal 34 must be connected to terminal 28 to connect the Load Matching Circuit to the load-sharing lines. The load-sharing lines must be wired to the Generator Loading Control or Import/Export Control. The circuit-breaker auxiliary contact will then be connected to the Generator Loading Control or Import/Export Control and not to the 2301D Load Sharing And Speed Control.

This discrete input is used to change the control operation by selecting a second set of dynamic terms to be used when the input is closed. This command is normally used when the closed loop path needs two independent sets of dynamics. The dual dynamics control function is enabled by the Service menu item ENABLE DYNAMICS 2 W/CB.

Raise Speed/Load Contact (Terminal 35)

The input switch or relay contact used to activate the Raise Speed/Load command connects to terminal 35 (Discrete Input E). This discrete input changes the control operation by increasing the speed reference ramp when the CB Aux input at terminal 34 is open, and by increasing the base load reference when in base load mode. The speed reference ramp can increase only to a software adjusted RAISE SPEED limit. The base load reference ramp can increase only to a software adjusted BASE LOAD MAXIMUM limit. Both ramps increase at software adjusted rates. De-selecting the Rated Speed command (described above) takes command control away from the Raise Speed/Load input and effectively disables the command.

With the contacts open (discrete input in the "FALSE" state), the control will stop raising the speed or base load reference. Maintained simultaneous closure of this Raise Speed/Load contact along with the Lower Speed/Load contact enables the Remote Reference Input.

Lower Speed/Load Contact (Terminal 36)

The input switch or relay contact used to activate the Lower Speed/Load command connects to terminal 36 (Discrete Input F). This discrete input changes the control operation by decreasing the speed reference ramp when the CB Aux input at terminal 34 is open, and by decreasing the base load reference when in base load mode. The speed reference ramp can decrease only to a software adjusted LOWER SPEED limit. The base load reference ramp can decrease only to a software adjusted BASE LOAD MINIMUM limit. Both ramps decrease at a software adjusted rate. De-selecting the Rated Speed command (described above) takes command control away from Lower Speed/Load input and effectively disables the command.

With the contacts open (discrete input in the "FALSE" state), the control will stop lowering the speed or base load reference. Maintained simultaneous closure of this Lower Speed/Load contact along with the Raise Speed/Load contact enables the Remote Reference Input.

Load Generator (Terminal 37)

The input switch or relay contact used to activate the Load Generator command connects to terminal 37. This discrete input will cause the Load Control Function to ramp to a distinct mode of operation. If the state of the input is "TRUE", the Load Control Function will increase or decrease in order to achieve either Isochronous Load Sharing or Base Load operation. If the state of the input is "FALSE" (input switch or relay contact open), the Load Control Function will increase or decrease in order to achieve the Unload trip level. The CB Aux/Droop Contact discrete input must be "TRUE" for the Load Generator input to affect the control.

Base Load (Terminal 38)

The input switch or relay contact used to activate the Base Load command connects to terminal 38. This discrete input will cause the Load Control Function to operate in Base Load. In this mode of operation the governor will control the load on the generator. The utility (main) bus or an isochronous generator set must control the bus frequency while in Base Load operation. With the state of this input "TRUE", isochronous load sharing with other units is disabled. With the state of this contact "FALSE", isochronous load sharing with other units can occur. The CB Aux/Droop Contact discrete input must be "TRUE" for the Base Load input to affect the control.

Actuator Output

The actuator wires connect to terminals 13(+) and 14(−). The current range to the actuator output is configured in software for a 0–200 mA or 0–20 mA actuator. The software configuration also allows for selection of Forward or Reverse acting actuator. Use shielded wires with the shield connected to terminal 15. Do not connect the shield to the actuator or any other point. The shield must have continuity the entire distance to the actuator, and must be insulated from all other conducting surfaces. Refer to the manuals listed in the "References" table for additional information on actuator installation.

Speed and Phase Matching (SPM) Synchronizer (Analog Input #1; Terminals 19-20)

Analog Input #1 is configured in software to accept a ± 2.5 V signal from a synchronizer. Connect the SPM Synchronizer (optional equipment) wires to Analog Input #1 terminals 19(+) and 20(–). Use shielded wire, and connect the shield to terminal 21. Make sure the shield has continuity the entire distance to the SPM Synchronizer, but do not connect the shield to the synchronizer. The shield must be insulated from all other conducting surfaces.

Remote Speed/Load Set Point/Auxiliary Input (Analog Input #2; Terminals 22-23)

Analog Input #2 is configured in software for any one of three choices, dependent on the application. Connect a Remote Speed or Load reference transmitter to Analog Input #2.

- The Remote Load set point moves the Load Ramp to the same value as the Remote Load set point, when the control is in Remote Base Load mode.
- The Remote Speed set point moves the Speed Ramp to the same value as the Remote Speed set point, when the control is in remote droop or isochronous mode.
- The Auxiliary input will bias the speed reference directly from an external device, such as a Woodward DSLC™ Digital Synchronizer and Load Control.

The input signal must be an isolated high quality signal representing the Remote Speed/Load set point. The Remote Speed/Load set point could be an operator adjusted potentiometer, a computer generated setting, etc. No connection is required to this input if this function is not needed by the application. The 2301D control is designed to receive either 0–20 mA, 4–20 mA, 0–5 Vdc, or 1–5 Vdc, representing a minimum Remote Speed/Load set point to a maximum Remote Speed/Load set point. Separate software minimum and maximum settings are provided for remote speed (rpm) and remote load (kW).

When the control is configured for operation with a DSLC control, the input is automatically set to accept the ± 2.5 Vdc output of the DSLC control.

Use a shielded twisted-pair cable to connect the Remote Speed/Load set point current transmitter to terminals 22(+) and 23(–). An input impedance of 250 Ω is present when the 2301D is configured for a current input. For a voltage input option, the input impedance will be greater than 10 M Ω . This input is not isolated from the other control inputs and outputs, and an isolation device must be installed if the transmitter output is not isolated.

Speed Sensor

Connect a speed-sensing device, such as a magnetic pickup, to terminals 25 and 26 using shielded wire. Connect the shield to terminal 27, making sure the shield has continuity the entire distance to the speed sensor, and that the shield is insulated from all other conducting surfaces.

Relay Driver Outputs (Terminals 41–44)

The 2301D contains four discrete output driver channels. The discrete outputs are low-side drivers with a maximum output current of 200 mA. The discrete output drivers are not isolated from each other, and are powered by an external +12 Vdc or +24 Vdc source connected at terminals 39(+) and 40(–). They are isolated from the internal power supplies of the 2301D control. The outputs are configured to provide two speed switches and two load switches.

Analog Output #1 (Terminals 16-17)

The analog output can be configured several different ways depending on the application needs. The output current is for either 0 to 20 mA or 4 to 20 mA. This current signal is supplied to terminals 16(+) and 17(–). Note that these terminals must be isolated from ground. The Output can be software configured to one of several control parameters. These parameters include:

- Engine Speed
- Engine Speed Reference
- Fuel Demand
- Generator Output
- System Load Percent
- Synchronizer Input
- Analog Input #2
- Speed Setting Bias Signal

The Analog Output is factory set for 4 to 20 mA, representing the engine speed. Default range is 0 to 100%. Software settings must be changed if an output of 0 to 20 mA is needed. Use shielded twisted-pair wires. For electrically isolated devices such as 4 to 20 mA analog meters, the shield should be grounded at the control end of the cable. For input to other devices, use the recommendation of the device manufacturer.

RS-232 Communication Port

The Communication Port is the DB9 female connector at the end of the front terminal strip. This port is used to monitor control inputs, outputs, and operating parameters. Control configuration changes and adjustments can also be made. The 2301D port is connected to a computer serial port, and the external computer software is used to display control parameters. The standard software used to communicate with the 2301D is Woodward Watch Window. This software can read all control parameters, and values. See Chapter 3 about control setup and also the Watch Window manual listed in the reference section.

IMPORTANT

The communication port must be connected with an approved jacketed serial communication cable. The connector must be secured to the 2301D to prevent contact with other circuits.

Installation Check-out Procedure

With the installation completed as described in this section, perform the following check-out procedure before beginning the start-up adjustments in Chapter 3.

1. Visual Inspection

- A. Check the linkage between the actuator and the prime mover for looseness or binding. Refer to the appropriate actuator manual and to manual 25070, *Electric Governor Installation Guide*, for additional information on linkage.



The actuator lever should be near but not at the minimum position when the fuel or steam rack is at the minimum position. If the actuator lever gets to its minimum position before completely shutting off fuel or steam, the control may not be able to shut down the prime mover, causing damage to equipment or injury or death.

- B. Check for correct wiring in accordance with the plant wiring diagram, Figure 1-2.
- C. Check for broken terminals and loose terminal screws.
- D. Check the speed sensor for visible damage. Check the clearance of the magnetic pickup between the gear and the sensor, and adjust if necessary. Clearance should be between 0.25 and 1.0 mm (0.010 and 0.040 inch) at the closest point. Make sure the gear has less than 0.5 mm (0.020 inch) diametric runout. See manual 82510, *Magnetic Pickups and Proximity Switches for Electric Governors*.

Chapter 5. Troubleshooting

Introduction

The following troubleshooting guide is an aid in isolating trouble to the control box, actuator, plant wiring, or elsewhere. Troubleshooting beyond this level is recommended ONLY when a complete facility for control testing is available.

IMPORTANT

The control can be damaged with the wrong voltage. When replacing a control, check the power supply, battery, etc., for the correct voltage.

Troubleshooting Procedure

This chapter is a general guide for isolating system problems. The guide assumes that the system wiring, soldering connections, switch and relay contacts, and input and output connections are correct and in good working order. Make the checks in the order indicated. Various system checks assume that the prior checks have been properly done.

WARNING

Be prepared to make an emergency shutdown when starting the engine, turbine, or other type of prime mover, to protect against runaway or overspeed with possible personal injury, loss of life, or property damage.

Control Start-up

When the control is powered on, the CPU begins execution of a section of the software program known as the boot code. This code performs hardware diagnostics and checks that a valid application program has been installed. During this period all control outputs will remain disabled. The boot code takes approximately 30 seconds to execute. During this period the red status LED should be on. When execution of the boot code has completed, control will be transferred to the application program. When the application program begins, the control outputs will be enabled and system control will begin. At that point the red status LED will be turned off and should remain off as long as the control is running.

If the control fails its self-test diagnostics during boot, fails its on-line self-tests while running the application program, or fails in any other way that it can detect, then the CPU will blink the red status LED to indicate the failure.

NOTICE

To prevent damage to the prime mover, the prime mover must be shut down for all system checks.

Control Test and Calibration

General

Do the following checks on the 2301D control. Then verify the functioning of set points and adjustments.

1. Connect a computer to the communication port. Start Watch Window HMI software in accordance with the instructions in Chapter 3. Verify that correct voltage and polarity are applied to the control.
2. Verify the controller ID on the 2301D Standard PC Interface by clicking "Control" then "Properties". The Application ID message (part number with the revision level [new, A, etc]) should appear.
3. Select the 1st Dynamics Menu. Verify that all set points are as recorded during installation. Repeat for the other menus. If any differences are found, change the set point(s) to the correct value. Click the "SAVE VALUES" icon on the Tool bar. Remove power from the control for at least 10 seconds. Verify correct values were retained during power down. Failure indicates the control has failed and should be replaced.

Discrete Inputs

Do the following test to verify the function of the discrete inputs. Do NOT do this test with the engine running.

1. Repeat this step for all discrete inputs. Close the appropriate input. The status in DISPLAY DIGITAL I/O should switch from OPEN to CLOSED. If the value does not change when the contact is closed, the control has failed and should be replaced.

Discrete Outputs

To Verify operation of the Discrete Outputs, go to the RELAY AND ANOUT TESTS sheet. With the engine shut down, enable the manual relay driver test. Open another inspector sheet, select DISPLAY DIGITAL I/O, and monitor the discrete outputs DO1 – DO4. From the relay test procedure, each discrete output may be activated and its operation verified. If the output is activated, the same voltage as applied at terminal 39 and 40 should be measured between terminal 39 and the appropriate output terminal (41–44). Testing of the internal CB Aux relay may be done by observing the green LED near terminal 9 and 10, or hearing an audible 'click'. The manual relay test must be disabled (status "test off") or the control will hold the actuator current to minimum.

Symptom	Cause	Solution
Prime mover will not start. Actuator not moving to start fuel position. IMPORTANT If the actuator moves to start position, a problem with the prime mover fuel supply is indicated.	Supply voltage polarity reversed (dc only), or no supply voltage.	On power up the CPU status LED should come on for 30 seconds. Check for proper voltage from terminals 45(+) to 46(-). Reverse leads if polarity is incorrect.
	Actuator not responding to input signal from control.	If there is a voltage output at control terminals 13(+) and 14(-), but the actuator does not move, the wiring to the actuator should be checked for opens or shorts. With the EG3P actuator, remember that terminals C and D of the mating plug should be jumpered. Make resistance checks at the actuator. Coil resistance on Woodward actuators is approximately 35 Ω . (Read with leads at terminals 13 and 14 disconnected.)
	IMPORTANT The hydraulic actuator must have oil pressure and gear rotation to operate (respond).	
	Start fuel limit set too low.	Check Fuel Demand % in the Display Menu. If it is not going to Start Fuel value when cranking, check to see Engine Speed is reading cranking speed. If Fuel Demand is reading 0, increase the Start Fuel Limit.
	Actuator or linkage.	Check actuator and linkage for proper installation and operation. Problems may be oil supply, direction of rotation, insufficient drainage, linkage, worn actuator components, or improper adjustment.
	No actuator voltage at terminals 13 and 14.	Check for shorted or grounded actuator leads by removing wires to terminals 13 and 14. Stop prime mover. Close the switch on terminal 32 (Failed Speed Sensor Override). Check for 18 to 22 V at terminals 13 and 14 for forward acting controls, and 0 to 1 volt for reverse acting controls. Check that Display Menu is reading engine speed during cranking. If no speed reading, check the MPU. Check for at least 1 Vrms at terminals 28 and 29, and at least 5% of the minimum rated speed frequency range.
	Speed setting too low on initial start.	Control may be configured for the wrong speed range. Check that the number of teeth and the rated speed have been entered correctly. Speed setting may be lower than cranking speed. Control should be set for rated speed.
	LOW IDLE SPEED setting may be set too low.	Check that the LOW IDLE SPEED setting is entered correctly.
	Minimum Fuel contact open. See "MINIMUM FUEL CONTACT" in Chapter 2.	Check terminal 31. Minimum fuel contact must be closed for normal operation. Check for 20 to 40 Vdc from terminal 31(+) to 30(-).

Symptom	Cause	Solution
Prime mover will not start. Actuator not moving to start fuel position (continued).	Speed sensor signal not clearing failed speed signal circuit.	Check wiring for proper connection. Check shields for proper installation. Check the Display Menu for Engine Speed reading. Speed sensor not spaced properly—check for at least 1.0V ac at terminals 25 and 26 during cranking. If less than 1.0 Vac, magnetic pickup may be spaced too far from gear. Make sure there are no metal chips on end of pickup. If no voltage is present, magnetic pickup may be open-circuited or shorted. Make resistance check with the leads disconnected from control. Should be about 100 to 300 Ω. Failed speed signal circuit may be disabled by connecting terminal 28 to terminal 32.  WARNING Be prepared to make an emergency shutdown when starting the engine, turbine, or other type of prime mover, to protect against runaway or overspeed with possible personal injury, loss of life, or property damage.
	Faulty 2301D control.	Replace.
Prime mover overspeeds only on starts.	Ramp adjustment.	Increase RAMP TIME. This decreases acceleration rate (from low idle to rated).
	RATED SPEED setting too high.	Check that RATED SPEED is entered as described in Chapter 3. Verify the Fuel Demand % drops to minimum (0%) when engine speed is greater than speed reference.
	Dynamics adjustment.	Dynamics may be adjusted for sluggish operation, causing overspeed on start. Adjust GAIN for fastest stable response. RESET may be adjusted too low. Increase RESET setting.
	Determine if engine is malfunctioning.	Verify that fuel rack is not binding and linkage is properly adjusted. Determine if the fuel rack is quickly following the actuator input voltage. Check operation of overspeed protection device(s).

Symptom	Cause	Solution
Prime mover overspeeds or causes excessive smoke only on starts.	Start Fuel Limit is inactive.	Power up 2301D before cranking engine.
	2301D control.	If the control does not cut back the actuator voltage [terminals 20(+) and 21(-)] when engine speed is greater than speed reference, the control may be programmed for the wrong speed range. If the voltage is cut back, look for a problem in the linkage or actuator.
Prime mover overspeeds after operating at rated speed for some time.	Prime mover.	Check for proper operation of prime mover fuel system. If actuator moves toward minimum fuel during overspeed, problem is in fuel system.
	Magnetic pickup and 2301D control.	Check the magnetic pickup output voltage at speeds above idle—at least 1.0 Vrms. If magnetic pickup should fail and the override failed speed signal circuit is disabled, the 2301D control will call for maximum fuel.
	2301D control.	Control the prime mover manually at rated speed. If the Engine Speed reading in the Display Menu does not match external indicators, the control is not configured properly. When the engine speed value is greater than the speed reference value, the output voltage should be zero. If speed range is correct for the application, replace the control.
Low speed is not regulated by LOW IDLE SPEED.	IMPORTANT On carbureted prime movers, the minimum fuel stop rpm setting will vary with prime mover temperature. An improper cold setting may give interference with the LOW IDLE SPEED setting when the prime mover is hot.	The LOW IDLE SPEED setting may be below the minimum fuel position of the actuator or prime mover fuel stop. In this case, the output voltage to the actuator will be zero. The engine will be maintained at the minimum fuel position by the actuator or the prime mover minimum fuel stop. The conditions above indicate that the prime mover minimum fuel position should be decreased by linkage adjustment (diesel engine) or low idle set screw (gas engine), or the LOW IDLE SPEED setting should be raised. If this action does not correct the problem, the 2301D control may be faulty.

Symptom	Cause	Solution
Prime mover does not decelerate when Close for Rated contact is open.	Faulty Close for Rated contact.	Check Close for Rated contact. Remove wire from terminal 32. Prime mover should decelerate.
	LOW IDLE SPEED set the same as rated	Check the Speed Settings Menu.
	Generator Aux contact is closed.	A faulty Close for Rated contact may remain in the accelerate position with the contact open. In general, adjustment of LOW IDLE SPEED will vary the speed of the prime mover with the Close for Rated contact in the decelerate (open) position. Adjustment of LOW IDLE SPEED should not affect prime mover speed when the Close for Rated contact is closed.
Prime mover will not stabilize at rated no load speed. The instability may occur at no load or it may vary with load Control may be erratic.	2301D control.	Adjust GAIN, RESET, and ACTUATOR COMPENSATION as described in "Adjust for Stable Operation" and "Dynamic Adjustment" in Chapter 3.
	Speed reference controls.	Check display menu. The speed reference value should be constant. If speed reference is erratic, check remote input (if used), intermittent raise/lower contact inputs. The speed bias sum at no load should be constant.
	Improper linkage adjustment.	Make sure that actuator moves approximately 2/3 of its travel from no load to full load. Be sure linkage is linear on turbine, diesel, and fuel-injected prime movers. Be sure linkage is non-linear on carbureted prime movers. Refer to actuator manual for proper installation.

Symptom	Cause	Solution
Prime mover will not stabilize at rated no load speed. The instability may occur at no load or it may vary with load Control may be erratic (continued).	Necessary external wires not properly shielded. Electrical noise, caused by wiring carrying an ac voltage, stray magnetic fields from transformers, etc., can be picked up by improperly shielded wire. Noise will cause instability if picked up by lines associated with the amplifier summing point such as external speed trim, paralleling lines, droop contact, magnetic pickup lines, and synchronizer input.	The following tests will isolate noise and interference. NOTICE Do not perform these tests in other than single-unit operating configuration. Jumper terminal 28 to terminal 33 and remove wires to the Close for Rated contact. Remove wires to terminals 10, 11, 34–38, 19, and 20. Jumper terminals 28 and 34. Remove the wires to the minimum fuel contact at terminal 31. Verify that the switchgear frame, governor chassis, and prime mover have a common ground connection. Temporarily remove the battery charger cables from the control battery system. If the prime mover operation is significantly improved by these modifications, replace the wiring one at a time to locate the source of the trouble. External wiring may require additional shielding or rerouting from high-current lines or components. If the problem cannot be resolved by these checks, it will be necessary to remove the 2301D control from the switchgear. Temporarily mount it next to the prime mover and connect only a battery, magnetic pickup, and actuator to the control (use a separate battery placed next to the prime mover). After starting the prime mover, place a small jumper wire across terminals 28 to 33 and terminals 29 to 30 to cause the prime mover to accelerate to rated speed. If necessary, apply load to check stability. [continued]

Symptom	Cause	Solution
Prime mover will not stabilize at rated no load speed. The instability may occur at no load or it may vary with load Control may be erratic (continued).	Necessary external wires not properly shielded (continued).	If stability occurs when the control is mounted next to the prime mover, return the control to the switchgear. Run new magnetic pickup, actuator, and battery power lines. Shield all wires to the control. Route all wires through conduit or an outer shield. Tie the outer shield to system ground at end opposite of the control.
	Prime mover may not be receiving fuel as called for by the actuator voltage.	Check actuator linkage to fuel controlling mechanism for any lost motion, binding, or excessive loading. Verify a steady fuel pressure of proper value. Check actuator per appropriate actuator manual.
	Prime mover not operating properly.	Prime mover may be causing speed variations. Control engine manually to determine if instability is in prime mover or governor control. Verify proper adjustment of fuel control linkage.
	Input voltage low.	Check supply voltage. It should be at least 18 Vdc.
Prime mover does not share load with other units.	Prime mover not receiving fuel as called for by the governor.	If voltage to actuator is maximum (minimum for reverse acting), visually determine if actuator shaft is at maximum position. If it is not, an actuator problem is indicated, or the linkage or fuel system is restricted.
	Unequal speed settings.	Be sure that speed settings of all units at no load are identical.
	Unequal load gain voltages.	With the prime mover operating in single unit configuration, LOAD GAIN must be set at 6.0 Vdc. See LOAD GAIN ADJUSTMENT in Chapter 3.
	Circuit breaker auxiliary contact or droop contact is open.	Check auxiliary circuit breaker and droop contacts. Check for 20 to 40 Vdc from terminal 30 to 34 on low voltage controls.
	Improper load sensing phasing.	Perform phasing procedure in Chapter 3.
	Circulating currents between generators.	Refer to appropriate voltage regulator manual.
Prime mover does not maintain constant speed (isochronous).	Actuator.	If actuator has a ballhead backup, verify that its hydraulic governor section, speed setting, and speed droop adjustments are properly set (see the applicable governor manual).
	Prime mover.	If the droop occurs near the full-load point only, it is possible the prime mover is not producing the horsepower called for by the fuel control, or is being overloaded. Either is indicated if the fuel control is at maximum position.