

LEAR KICKERS

B. Bleus

1. INTRODUCTION

Ces notes constituent un aperçu de l'équipement KFA du LEAR. Elles sont d'avantage destinées aux opérateurs de la machine. Les éléments du système ayant un lien plus étroit avec le contrôle depuis la salle de commande LCR, y font donc l'objet d'une attention particulière.

2. DESCRIPTION ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le LEAR dispose de 3 aimants de déflexion rapide d'orbite. Ces aimants ou Kickers, du type ligne à retard, d'impédance caractéristique $15,7 \Omega$, se trouvent dans la chambre à vide de la machine. Les 2 premiers, situés dans les sections voisines 12 et 14 et donc logés dans le même tank à vide, assurent, en coordination avec le septum SMI, l'injection du faisceau provenant du PS; le troisième, situé dans la section 42 est utilisé lors des éjections rapides du faisceau. Chaque aimant est muni d'un commutateur haute tension d'inversion de polarité permettant à l'aimant de fonctionner soit avec les protons, soit avec les antiprotons. L'inverseur de polarité est monté sur le tank à vide par l'intermédiaire d'un interface pressurisé au SF₆. Cet interface facilite la dépose de l'inverseur de polarité, indispensable lors de l'étuvage du tank à vide. Les résistances de terminaison, côté anneau, refroidies par circulation d'huile, sont situées sous les tanks à vide.

Chaque aimant est alimenté par un des 3 modules générateurs d'impulsion A, R ou B, situés sur la plate-forme qui longe le mur côté PS (LEAR zone K). Les aimants d'injection 1 et 2 (ss 12 et 14) sont normalement alimentés par les modules A et B. Le module R peut être utilisé comme réserve pour l'injection mais, normalement, ce module est utilisé pour l'éjection (ss 42).

Les câbles flexibles HT assurant la transmission de l'impulsion du module vers l'aimant sont munis d'un système de sécurité coupant la haute tension lors de leur déconnexion. C'est également ce système qui permet à l'opération de s'affranchir de la connaissance des connexions établies entre modules et charges; chacun des modules étant adressé par le nom de la charge qu'il alimente :

aimant 1 (ss 12) = E4 KFH 12

aimant 2 (ss 14) = E4 KFH 14

aimant 3 (ss 42) = E4 KFH 42

Les impulsions de courant d'excitation de l'aimant (40 kV dans $15,7 \Omega$) proviennent de la décharge d'une ligne coaxiale ($Z_0 = 15,7 \Omega$) appelée PFN (Pulse Forming Network). Celui-ci est pressurisé au SF_6 et est situé sur la plate-forme.

Les commutateurs rapides sont des thyratrons à hydrogène, montés de manière à perturber le moins possible l'impédance caractéristique du système et refroidis par circulation d'huile. Il y a 2 thyratrons par module : le MS (Main Switch) et le DS (Dump Switch). Ce qui permet, malgré la longueur fixe du PFN, d'obtenir des largeurs d'impulsion variables déterminées par :

$$T_P = T_L - (t_M - t_D) \text{ et } T_{P \text{ max}} = 2 T_L$$

avec T_P = longueur de l'impulsion dans l'aimant

T_L = longueur électrique du PFN

t_M = instant d'enclenchement du Main Switch

t_D = instant d'enclenchement du Dump Switch

$$T_{LA} \approx 425 \text{ nS}$$

$$T_{LR} \approx 680 \text{ nS}$$

$$T_{LB} \approx 475 \text{ nS}$$

Le PFN est chargé (à un maximum de 81 kV) par une alimentation du type "à charge résonnante" ou "pulsed resonant power supply" dont le principe est la décharge d'un banc de condensateurs électrolytiques basse tension, dans le PFN, par l'intermédiaire d'un transformateur éleveur de tension. La charge du PFN débute 7 mS avant la mise en conduction des thyratrons et est amorcée par le "Trig SCR". Elle se poursuit pendant 3 mS.

Sur la galerie des modules, outre les PFN, thyratrons, résistances de terminaison côté dump, résistance de test et l'électronique associée aux modules, se trouvent aussi le système d'huile (tank principal, tank de vidange, pompes à huile, pompe à vide et échangeur de chaleur) et le système SF₆ de purge et remplissage des PFN et des interfaces des tanks à vide.

3. LES COMMANDES ET ETATS DES MODULES KFA

Chacun des 3 modules est muni d'un "Linac Single Transceiver". Ces 3 "LST" sont situés dans les racks A1, R1, B1 de la galerie des modules. Un module peut se trouver dans l'un des états suivants : "OFF", "TRANSITION", "STANDBY", "ON" ou "FAULT". Ce sont les états "standard" définis pour le contrôle des alimentations du PS dans la note CERN/PS/BR 77-54.

- OFF" : En service, "3 Φ ON", mais alimentation basse tension de charge du PFN interrompue et alimentation des filaments des thyratrons interrompue.
- "TRANSITION" : Etat du module lorsqu'il passe de l'état "OFF" vers l'état "ON" ou de l'état "OFF" vers l'état "STANDBY".
- "STANDBY" : Module chauffé mais timing inhibé.
- "ON" : Le module fournira les impulsions de puissance dès que les impulsions de timing lui seront envoyées.
- "FAULT" : Module toujours en service, mais n'est plus capable de rester dans un état conforme à la suite du mauvais fonctionnement d'un sous-ensemble de l'alimentation ou de sa charge ou d'un verrouillage externe. Si le réarmement à distance des détecteurs ("RESET") est possible, l'alimentation revient dans son état conforme sinon, elle reste en état de faute fatale. Les modules KFA sont sujets à 2 types de fautes : fautes d'huile et fautes HT (voir Interlock KFA). Un "HT FAULT" met le module à l'état "FAULT", par contre un "OIL FAULT" remet la module à l'état "OFF".

Les commandes de module sont : "OFF", "STANDBY", "ON", "RESET", et l'intensité du champ magnétique ou "KICK STRENGTH" exprimée en KV (charge équivalente du PFN).

Avant de mettre un module dans l'état "ON" ou "STANDBY" à partir de l'état "OFF", il faut d'abord s'assurer que le système d'huile est "ON". Après cette commande de changement d'état le module entre dans un état transitoire désigné par "TRANSITION". Cet état transitoire permet aux thyratrons d'atteindre leur température de fonctionnement et dure 15 minutes. Après ce délai le module passe à l'état "FAULT". La commande "RESET" le mettra alors dans l'état commandé antérieurement.

Chaque module envoie vers l'ordinateur les données suivantes : état du module, nom de la charge connectée, tension de la dernière charge du PFN, le bit "Pulsing" indique qu'une impulsion HT a quitté le module pour se diriger vers l'aimant, lors du dernier cycle machine. (Voir aussi la note LEAR CONTROL SYSTEM : LEAR PARAMETERS SPECIFICATIONS de U. Tallgren).

4. LES INTERLOCKS ET CHASSIS DE PROTECTION DES MODULES KFA DU LEAR

L'unité d'interlock d'un module KFA est l'unité qui coupe l'alimentation du module et met celui-ci dans l'état "FAULT" en cas d'un défaut de fonctionnement du module, ou d'une partie du système (huile), ou d'un autre système (Vide). Les interlocks produits par cette unité sont de 2 types :

Premier type : Interlocks d'huile : enclenchés lors d'un débit d'huile insuffisant dans les Main ou Dump switches. Ils sont désignés par "MS OIL" et "DS OIL". Cet interlock remet le module défectueux à l'état "OFF"; c'est-à-dire qu'il coupe non seulement l'alimentation de charge du PFN mais aussi l'alimentation des grilles et filaments des thyratrons du module. La remise en fonctionnement du module se fera nécessairement par sa remise à l'état "ON" ou "STANDBY", avec le délai concomittent de 15 minutes de préchauffage, suivi de la commande "RESET".

Deuxième type : Interlock HT : Ce type d'interlock empêche la recharge haute tension du PFN. Il coupe, en fait, l'alimentation du banc de condensateurs et décharge totalement ces condensateurs. A l'exception d'un

module en panne franche, la commande "RESET" ramènera directement le module dans l'état "ON" ou dans l'état "STANDBY", suivant l'état où il se trouvait antérieurement à la faute. Les pannes du module ou les circonstances entraînant ce type d'interlock sont, dans l'ordre des témoins du châssis "Interlock State Indicators" se trouvant au LCR :

MSG1 : Pour "Main Switch Grid 1" : disparition ou réduction du courant de ionisation de grille G1 du thyatron principal.

DSG1 : Idem que MSG1 pour tube dump.

I_p PROT : Le module est arrêté si la valeur de crête du courant primaire du transformateur de l'alimentation de charge HT du PFN se trouve en dehors des limites maximales et minimales autorisées. L'interlock HT est enclenché pour un nombre d'overcurrent supérieur à une limite généralement fixée à 11 sur 10⁵ impulsions ou pour un taux d'undercurrent supérieur à une valeur normalement fixée à 11 pour 10⁵ impulsions.

MSFS : Pour "Main Switch Faulty Shots" arrête le module si le taux d'enclenchements spontanés du MS est supérieur à une valeur généralement fixée à 9 pour 10⁵ shots.

DSFS : Idem pour tube DS.

NO LOAD : La déconnexion des câbles de transmission d'un module entraîne l'arrêt HT du module.

SF₆ T : Pression d'hexafluorure de soufre insuffisante dans l'interface inverseur de polarité - tank à vide.

TERM OIL : Débit d'huile insuffisant dans la résistance de terminaison côté aimant.

HVCO : L'inverseur de polarité de l'aimant se trouve dans une position intermédiaire. Il est évident que la commande de basculement de cet inverseur engendre la même faute.

- HT STOP : Des boutons d'"arrêt local HT" sont disposés près des tanks à vide, près des modules et dans les racks d'électronique des modules. Ils actionnent un interlock HT.
- VAC : Vide insuffisant dans le tank contenant un aimant : entraîne l'arrêt HT du module qui alimente cet aimant.
- PLC : Pour "Pulse Length Comparator" signale l'apparition d'un défaut de transmission de l'impulsion pouvant se produire soit dans la résistance de terminaison anneau, soit dans l'aimant, soit dans l'inverseur de polarité HT ou encore dans les câbles de transmission.
- TIMER : Les grilles et filaments des thyratrons d'un module à l'état "OFF" ne sont pas alimentés. Ces tubes demandent donc un certain délai avant d'atteindre leur température de fonctionnement. Les commandes "STANDBY" ou "ON", envoyées à un module se trouvant dans l'état "OFF", n'ont pas un effet immédiat. Les transitions d'états "OFF - STANDBY" et "OFF - ON" ont été fixées à 15 minutes. Afin d'éviter l'application de la haute tension, aux tubes, durant ce délai, l'Interlock Unit coupe l'alimentation HT du module en le mettant à l'état "FAULT".
- OVER HT : Chaque fois que la tension du PFN dépasse une valeur maximale généralement fixée à 85 kV, le module déclenche.
- SF₆ : Pression SF₆ insuffisante dans le PFN.

5. DESCRIPTION DE L'EQUIPEMENT KFA SE TROUVANT AU LCR

L'équipement KFA du LEAR dispose de 2 racks au LCR (F16 et F17).

5.1 Monitoring Unit

Cette unité permet l'observation aisée, à l'oscilloscope, des principaux signaux provenant de chacun des modules.

L'unité délivre pour chaque module A, R ou B, les signaux lents (TB \approx 1 mS/div.) :

- IP : - ou courant primaire transformateur de charge du PFN
- BIAS : - ou courant de polarisation transformateur
- HT : - ou tension du PFN
- WINDOW : - durée d'autorisation des Trig. MS et DS (voir "Timing Control Unit" page suivante).

et le trigger oscilloscope associé : "Slow Scope Trig".

Les impulsions de courant parcourant les 3 aimants et la résistance de test (DUMMY), ainsi que la somme des impulsions dans les aimants d'injection 1 et 2 (ss 12 et 14) peuvent être observées à l'aide d'une sélection des triggers oscilloscope suivants désignés par "Fast Scope Trig" :

TT : synchronisés avec le timing de test
INJ : " " " " d'injection
EJ : " " " " d'éjection
ss 28 : synchronisé avec le kicker 28 d'éjection du PS.

De plus ces triggers sont réglés pour l'observation du début ou de la fin de l'impulsion ("RISE" ou "FALL"). Un réglage fin par potentiomètre permet d'obtenir la trace au milieu de l'écran. Le bouton poussoir "CLEAR" laisse la commande du "fast monitoring" à l'unité de monitoring située près des modules.

5.2 Timing Control Unit

Cette unité redistribue vers chacun des modules le timing approprié.

Les différents types de timing sont :

- Test Timing (issu du Test Timing Unit LCR rack F17)
- Injection Timing)
- Ejection Timing) LEAR Timing rack F6

3 impulsions de trigger doivent être envoyées au module pour créer une impulsion dans l'aimant. Ces triggers sont :

- SCR Trig, précédant les 2 autres de 7 mS pour charger le PFN
- MS Trig, qui fixe l'instant de la montée du champ dans l'aimant
- DS Trig, qui fixe la durée de l'impulsion dans l'aimant

Cette unité génère aussi un signal "WINDOW". Cette impulsion débute 7 mS après le Trig SCR et dure 3 mS. Toute impulsion MS Trig ou DS Trig se présentant en dehors de ce laps de temps sera inhibée. Mais si, ni MS Trig, ni DS Trig n'apparaît pendant ce délai, un "SEC DUMP Trig" sera délivré, 20 mS après le "Trig SCR" sur la sortie "DS Trig". Dans ce cas toute la charge électrique accumulée dans le PFN sera dissipée dans la résistance de terminaison côté DS.

Les potentiomètres d'ajustage des délais de trigger sont réglés par les spécialistes de l'équipement, afin d'égaliser les délais de propagation des triggers MS et DS pour les 3 modules.

Le timing de test est enclenché depuis l'interface de commande du Module situé dans les racks de la galerie des modules.

Les timing d'injection et d'éjection sont inhibés pour un module fonctionnant avec le timing de test. Le timing d'injection est inhibé pour le module branché sur l'aimant d'éjection ("MAG 3") et le timing d'éjection est inhibé pour les modules branchés sur les aimants d'injection ("MAG 1" et "MAG 2"). Tout timing est inhibé pour un module se trouvant dans un état autre que "ON".

Des témoins lumineux (LED) indiquent, pour chaque module, la charge qu'il alimente (MAG 1, MAG 2, MAG 3 ou DUMMY (résistance de test)) et avec quel timing il fonctionne (TT, INJ, EJ).

Note :

MAG 1 = Aimant d'injection ss 12
MAG 2 = Aimant d'injection ss 14
MAG 3 = Aimant d'éjection ss 42

5.3 Oil Control Unit

Le système d'huile est contrôlé par ordinateur, par l'intermédiaire d'un single transceiver. Les seules commandes sont "ON" ou "OFF".

Lors d'une défectuosité du système due à des fuites (niveau d'huile insuffisant dans le réservoir) ou à la température (huile surchauffée), le système se met à l'état "OFF". L'origine de la panne est indiquée sur les témoins d'interlock du châssis : "LOW OIL", "OIL TEMP", "EM STOP" (arrêt local HT actionné). La commande manuelle du système est prévue sur le châssis.

5.4 HVCO Switch Interface Unit

Les interfaces de commande des inverseurs de polarité se trouvent au LCR. Elles sont au nombre de 2. La première contrôle les inverseurs des aimants d'injection 1 et 2 (ss 12/14), l'autre contrôle l'inverseur de l'aimant d'éjection 3 (ss 42). Chacune de ces unités est pourvue d'un single transceiver.

La commande peut se faire manuellement à l'aide du bouton "MAN". En ce cas la commande "P" positionne l'inverseur pour l'opération avec protons. La commande "P" ramène l'inverseur en position pour l'opération avec antiprotons. Les témoins lumineux, situés dans les boutons-poussoirs de commande, répondent au basculement de microswitches situés sur les inverseurs de polarité et indiquent donc la position effective de ces inverseurs. Le témoin "TRANS" indique que l'inverseur se trouve dans une position intermédiaire. Les témoins "RUN" indiquent que les moteurs actionnant les inverseurs sont alimentés.

Distribution :

D. Fiander

Membres de la Section Kickers du groupe BT

Membres du groupe LEAR

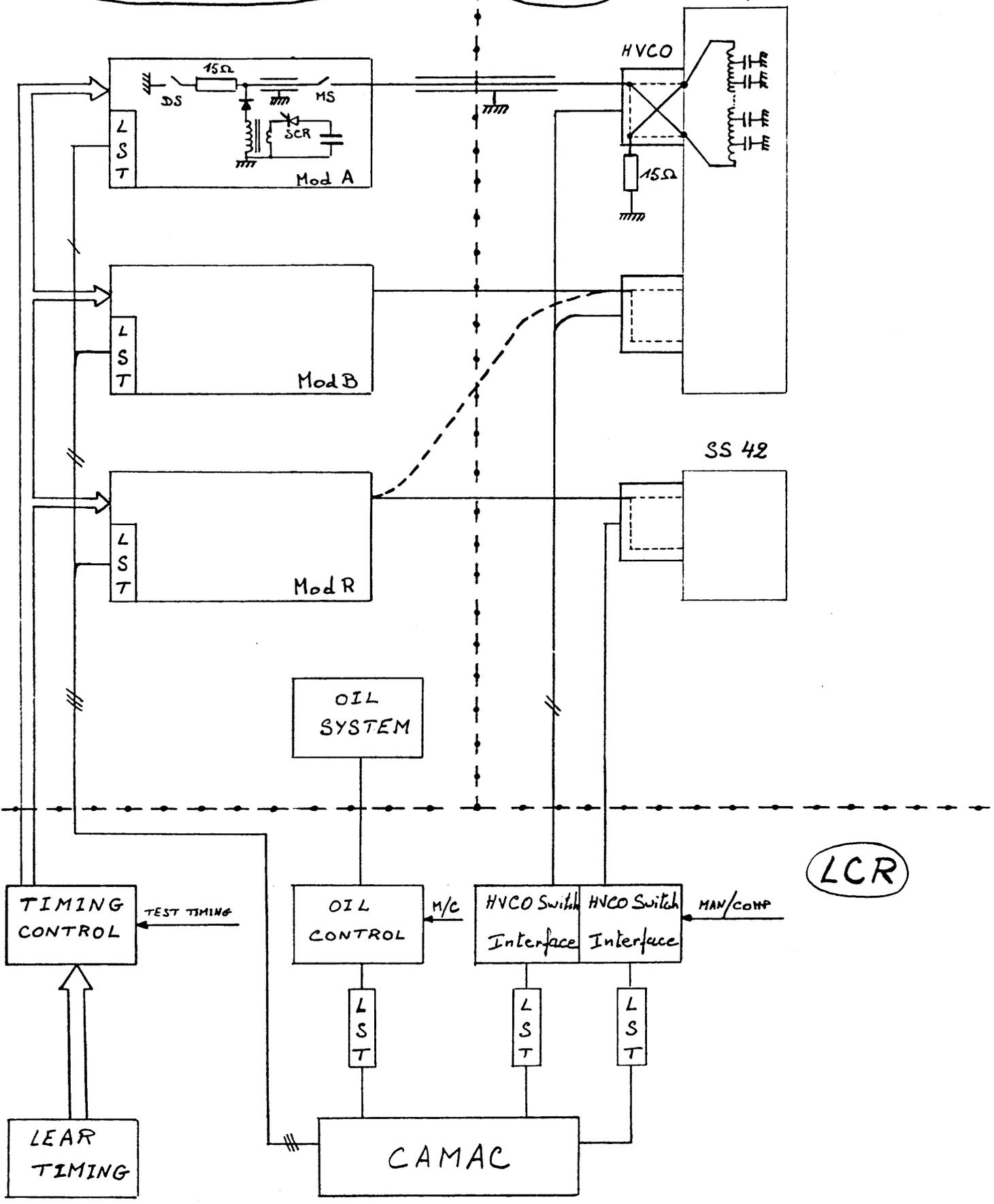
M. Bouthéon

D. Dekkers

LEAR ZONE K

LEARing

SS 12/14



LCR

BLOCK-DIAGRAM OF LEAR KICKERS