

東北電力・八戸火力4号機のプラント起動の自動化

Automatic Plant Starting System for the No. 4 Unit of Hachinohe Thermal Power Station Tohoku Electric Power Co., Ltd.

門田 一男*
Kazuo Nadoda

萩野 和一郎**
Waichiro Hagino

I. ま え が き

近年火力発電所のユニット容量の増大にともない運転操作も一段と複雑化している。そのため運転操作の簡素化による信頼性の向上、運転員の負担の軽減を図るため各種の自動起動装置が開発されているが今般東北電力・八戸火力4号ユニットに用いられた電子計算機とアナログ制御装置などの組み合わせによる電子計算機監視方式によるタービンの起動準備チェックから発電機並列を経て規定負荷および定格蒸気条件まで上昇する過程の自動化について、その概要を電子計算機を主体として紹介する。

II. システムの構成

一般に電子計算機の制御方式には電子計算機が直接操作端を制御する電子計算機直接制御方式と操作端の制御はアナログ制御装置などがおこない、これらのアナログ制御装置の使用、除外および設定値の変更を電子計算機がおこなう電子計算機監視方式とがあるが、以下の理由によりこのシステムでは後者の制御方式を採用した。

- 1) 直接制御方式の場合、多数の入力点を高速監視する必要があるため大容量の電子計算機が必要である。
- 2) 監視方式の場合には電子計算機とアナログ制御装置をそれぞれ併行し調整が可能である。
- 3) 監視方式の場合には計算機故障の場合でもアナログ制御装置の単独使用により計算機のみをシステムより切離しプラント継続運転が可能である。

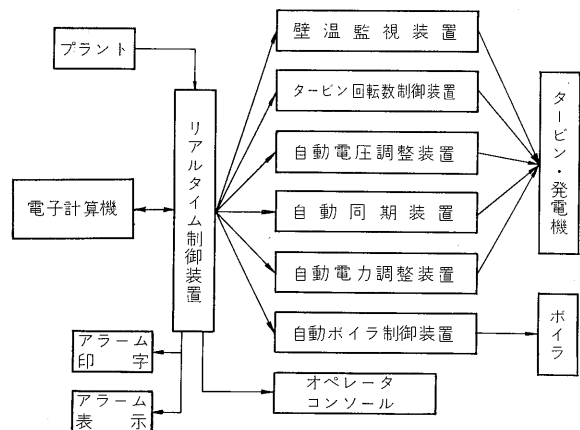
第1図はプラント自動起動装置（APS; Automatic Plant Starter）を示したもので電子計算機・アナログ制御装置およびオペレータコンソールを中心とした情報交換装置とで構成されている。

1. 電子計算機制御装置

1) 中央処理装置

機種 FACOM 270-20
主記憶装置コア 16K
補助記憶装置ドラム 131K

2) リアルタイム制御装置



第1図 計算機より見たシステム構成図

Fig. 1. Computer control system in No.4 plant

割込み入力	32点
アナログ入力	300点
接点入力	300点
パルス入力	25点
アナログ出力	6点
接点出力	223点

3) 周辺機器

紙テープ読取装置	1台
紙テープせん孔装置	2台
システムタイプライタ	1台
タイプライタ	4台

ロッカー室を第2図に示し、左から紙テープ読取装置、システムタイプライタ、計算機リレー盤、紙テープせん孔装置である。

2. タービン回転数制御装置 (ATSC)

タービン通気以降の回転数制御装置で零回転からターニング速度さらに定格回転数まで昇速する。

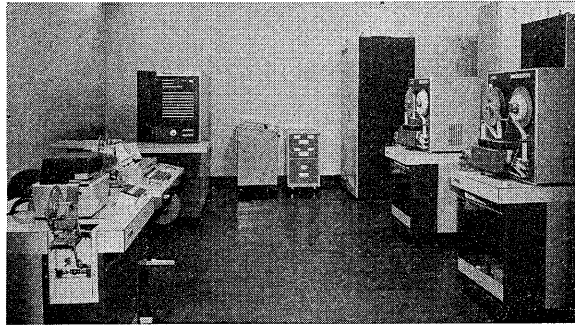
3. 自動電圧調整装置 (AVR)

同期並入時は発電機の電圧確立制御をおこない、並入後は発電機の電圧制御をおこなう。

4. 自動同期装置 (ASS)

自動並入をおこなう装置で自動揃速装置、電圧平衡装

* 電力技術第一部 ** システム技術第一部



第 2 図 計算機制御室

Fig.2. Computer control room

置, 同期投入回路から構成されている。

5. 自動電力調整装置 (APR)

並入以後規定負荷まで定められた変化率で負荷制御をおこなう装置である。

6. ボイラ温度圧力上昇制御装置 (BPRG)

ボイラ自動制御系が自動になった後, APRに追従して所定の蒸気量を発生させボイラ蒸気条件 (主蒸気温度・圧力) を一定の変化率をもって変化させ定格蒸気条件にもっていく。

7. オペレータコンソール

APSに使用するオペレータコンソールは第3図に示すとおりである。1段目はすべてランプ表示器で運転状態 (運転モードおよびアナログ制御装置と電子計算機との結合状態) を表示している。2段目・3段目はランプ表示器およびランプ付押しボタンで構成され, 2段目のランプの機能は現在制御している起動段階を表示している。ランプ付押しボタンは起動プログラムのブレイクポイントになっており, プラントがそのランプの表示するステップに進んでも良い状態にある場合, 運転員の操作を示唆する意味でフリッカ点灯し, 運転員が押しボタンを押せば連続点灯となりそのステップの操作制御が実施される (フリッカ点灯以外の時に押しボタン操作しても無効でありステップは進まない)。3段目のランプ表示器は起動モードを表わし, APSが使用になった時点でタービンケーシング温度から自動的に決定される。ランプ付押しボタンはAPSの使用除外をはじめ, 運転員の

判断により定値制御やロック運転に移行させる場合, あるいはそれをリセットさせる場合に使用される。ただし「ロック」の押しボタンは同期の段階でのみ有効であり, 「定値制御」の押しボタンは起動準備, 非常停止弁開・同期の各段階で操作しても無効である。さらに検出器の不具合などでシーケンスの進行を妨げる項目で監視項目からはずしたい入力点がある場合「条件無視」の押しボタンを操作しこれを除外してプログラムを進める。

III. APSプログラムの構成

タービンのターニング時から起動する場合を正常起動と呼ぶが通気後のいかなる起動段階からでも電子計算機が現状を探索してプラントと結合する途中起動を可能にしている。また, あるアナログ制御装置が準備動作未完または故障している場合でも, その部分を手動で操作することによりAPSを除外することなくプラントの起動が可能である。APSプログラムの構成を第4図に示す。

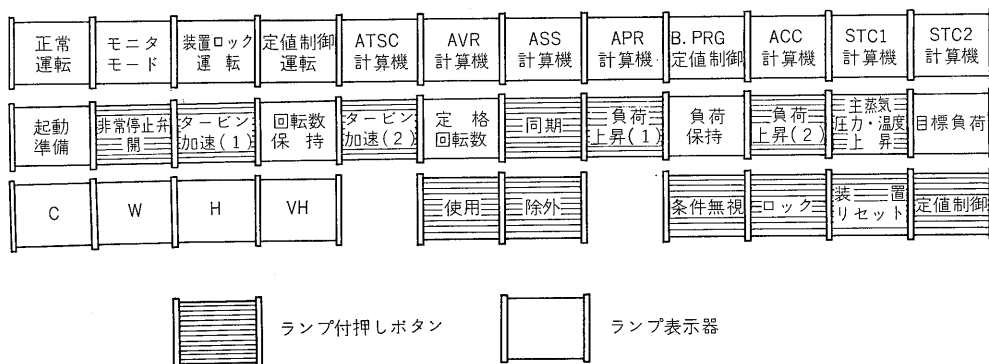
各起動段階ごとに分割されたサブプログラム・主蒸気温度圧力の制御をおこなうボイラ制御プログラムとこれを統括するAPS管理プログラム, APS使用時にプラント状態を判断し適合する起動段階を選択する使用プログラム, 常時プラント状態を監視している監視プログラムおよび異常処理プログラムで構成されている。

1. APS使用プログラム

オペレータコンソール上の「使用」押しボタンを押すことによりAPSが除外されるまで1度だけ起動される。現在のプラント状態を判断して適合する起動段階を選択し, APS管理プログラムに制御を移す。各起動段階の選択条件を第1表に示す。なお, このプログラムにより起動モードの表示灯を点灯している。

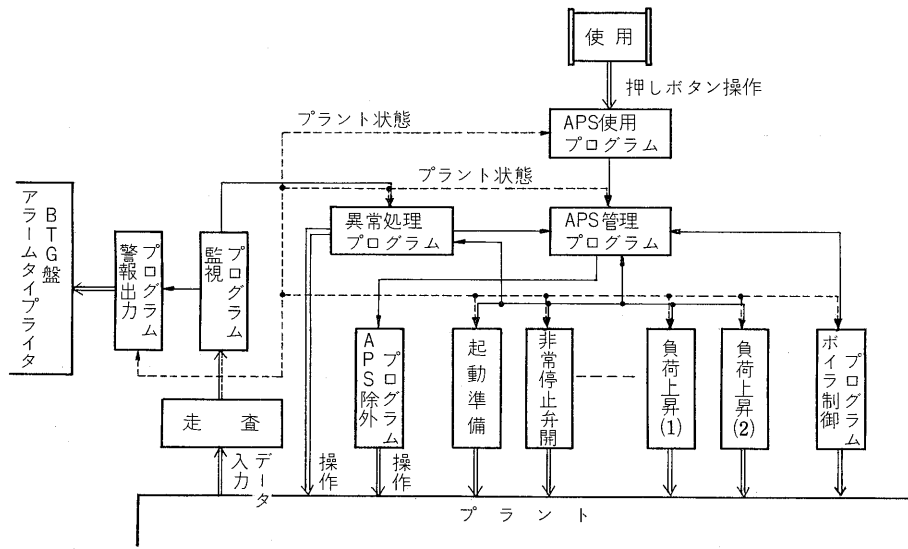
2. APS管理プログラム

起動段階に変化が生じるたびに起動される。各サブプログラムを統括制御するプログラムであり, 適合する起動段階のサブプログラムを起動するとともに監視プログラムにパラメータとして, その起動段階で監視する必要のある入力点を渡す。ただし, その起動段階がブレイクポイントである場合, プラントが進行可能な状態になれば



第 3 図 APSオペレータコンソール

Fig.3. APS OP/CON



第4図 APSプログラム構成図
Fig. 4. APS program system

該当押しボタンをフリッカ点灯し，運転員の操作確認後そのサブプログラムを起動する。

3. サブプログラム

各サブプログラムはその起動段階における制御動作がすべてまかされており，その範囲において自分で外部状況を判断し指令された操作を行なう。またアナログ制御装置に出力するときには常に各装置の準備状態を確認後出力し，アナログ制御装置異常時には同一サブプログラム内でループしないように時間監視もおこなっている。

1) 起動準備プログラム

タービン起動前のプラントおよびアナログ制御装置類の起動準備チェックをする。ATSC・APRについて

第1表 APS起動段階選択条件

Table 1. Selecting Condition of steps in APS

起動段階	条件
起動準備	<ul style="list-style-type: none"> ターニング中 (回転数 350rpm以下) 77Mが上限位置でない 主しゃ断器が開
非常停止弁開	<ul style="list-style-type: none"> タービン回転数が 350rpm以下 ATSCの設定値 1,000rpmでない 主しゃ断器が開
タービン加速(1)	<ul style="list-style-type: none"> 主しゃ断器が開 77M上限位置 ATSCの設定値 1,000rpm タービン回転数が 1,000rpm以下
タービン加速(2)	<ul style="list-style-type: none"> 主しゃ断器が開 77M上限位置 タービン回転数が 1,000rpm以上で 3,000rpm以下 APRの設定値が40MWでない
同期	<ul style="list-style-type: none"> 主しゃ断器が開 タービン回転数が 3,000rpm APRの設定値が40MW
負荷上昇(1)	<ul style="list-style-type: none"> 主しゃ断器が閉 実負荷が40MW以下 APRの設定値が 40MW
負荷上昇(2)	<ul style="list-style-type: none"> 主しゃ断器が閉 APRの設定値が40MW以上 実負荷が40MW以上

は設定器が最小位置にない場合にはその位置までさげる。

2) 非常停止弁開

65M, 77Mを上限位置にしATSCの設定を 1,000rpmにする。

3) タービン加速(1)プログラム

ATSCを設定値確認後起動し，タービン回転数を 1,000rpmまで上昇する。1,000rpmに達するとATSCに回転数保持指令を出し，タービンケーシング温度からヒートソーク時間を計算して回転数保持の段階にはいる。ヒートソーク完了後ATSCの設定を 3,000rpmにする。壁温監視装置の応力余裕が 10kg/cm² 以上あることを確認する。

4) タービン加速(2)プログラム

再びATSCを起動しタービン回転数を 3,000rpmまで昇速する。3,000rpmに達したら「定格回転数」の表示灯を点灯する。APRの負荷変化率をチェックし，目標負荷を40MWに設定する。

5) 同期プログラム

AVRを起動し発電機の電圧確立後，ASSを起動して揃速，揃圧，同期並入操作を行なう。

6) 負荷上昇(1)プログラム

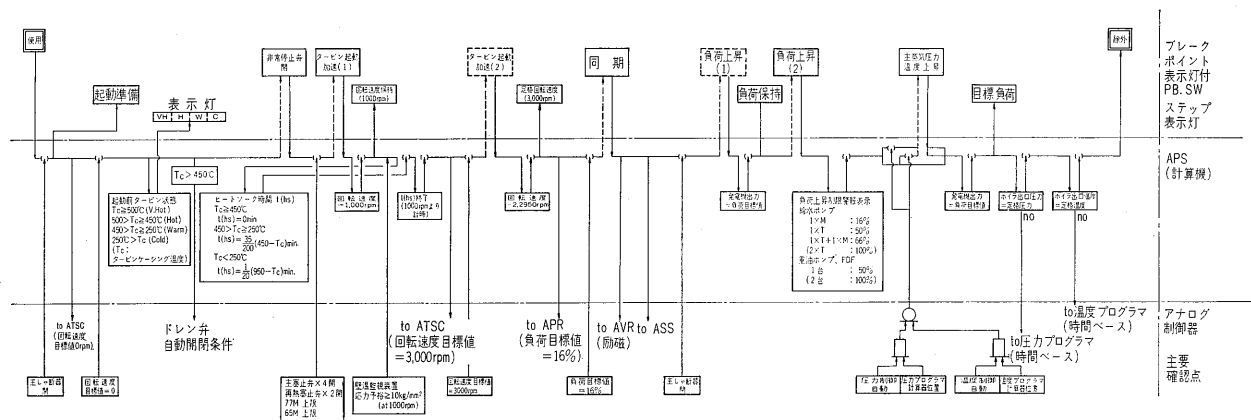
APRを設定確認後起動し負荷上昇を開始する。負荷40MWになればAPRに負荷保持指令を出し，「負荷保持」の表示灯を点灯する。最終目標負荷設定は運転員により設定される。

7) 負荷上昇(2)プログラム

目標負荷設定 (40MW以上)，補機の運転状態などを確認後APS管理プログラムにより起動される。APRを起動し目標負荷までの負荷上昇制御を行ない，目標負荷に到達すれば「目標負荷」の表示灯を点灯する。

4. ボイラ制御プログラム

負荷40MW以上でB.PRGが自動・計算機位置になれ



第5図 起動手順概略
 Fig. 5. Operating sequence of APS

ばオペレータコンソール上の押しボタン「主蒸気圧力・温度上昇」をフリッカ点灯し、運転員の操作確認後起動される。目標負荷到達前であればタービン出力に追従して主蒸気温度圧力を上昇させ、(負荷ベースによる上昇)、目標負荷到達後であれば一定変化率(°C/min)で主蒸気温度および圧力を上昇する(時間ベースによる上昇)。B.P.R.Gは蒸気条件が定格値になった時点で除外されるが、タービンが目標負荷に到達しても定格値になっていない場合「主蒸気圧力・温度上昇」を再度フリッカ点灯し、運転員の操作確認後時間ベース出力し定格蒸気条件になるまで上昇する。

5. APS除外プログラム

オペレータコンソール上の押しボタン「除外」を押すことにより起動され、いかなるプラント状態であってもAPSは除外可能である。通常は目標負荷に到達して定格蒸気条件になった場合、「除外」押しボタンがフリッカ点灯し、運転員が操作することにより各アナログ制御装置と電子計算機のAPSプログラムは切り放されAPS除外となる。

6. 監視プログラム

監視項目にはある起動段階でのみ必要なもの、いくつかの起動段階にわたって必要なもの、起動段階により制限値が異なるものがあり、またその重要度も起動段階により異なってくる。そのため監視項目を次の種類に分けてチェックしている。

1) 警報 (A項目)

異常発生時警報を発するのみでシーケンスの進行を妨げない。

2) インタロック (I項目)

異常発生時警報を発するとともにシーケンスの進行を妨げる。ブレークポイントにおける進行許可押しボタンのフリッカ条件に用いている。

3) 定値制御 (C項目)

異常発生時警報を発するとともにアナログ制御装置の

設定器を現在値または定められた値にランバックし、定値制御運転に移行する。

4) ロック (L項目)

異常発生時警報を発するとともに該当アナログ制御装置を電子計算機から切り放す。

監視プログラムは前述のとおり起動段階に変化が生じるときにAPS管理プログラムから各監視項目・制限値を受け取り、周期的に起動されプラント状態を監視している。

7. 異常処理プログラム

監視項目のうちC項目・L項目に異常が発生した場合、およびオペレータコンソール上の押しボタン「定値制御」、「ロック」が押された場合に起動される。定値制御の場合、タービン加速・負荷上昇(1)・負荷上昇(2)中であれば、それぞれATSC・APRの設定値を現在値にランバックする。タービン加速(2)中の定値制御はクリティカル速度付近でも起こりえる可能性があるため常に3,000rpmにホールドする。ロックに該当するアナログ制御装置はASSだけである。

異常項目が復帰した場合、および「装置リセット」の押しボタンが操作された場合には復帰プログラムが起動される。プラント状態を探索し、復帰すべきアナログ制御装置に必要な設定をおこなった後、APS管理プログラムに制御を移行する。

起動過程の概略は第5図のとおりである。

IV. む す び

上記のようなシステム構成よりなる自動起動装置は試運転期間中に調整を完了し、その結果もきわめて良好であるが、この成果の上に今後さらに制御範囲の拡大と制御性の向上に努力する所存である。終わりに終始絶大なご協力をいただいた東北電力の各位に深く感謝の意を表わす次第である。



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。