

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

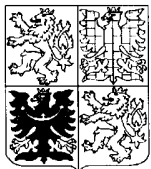
1999 -2120

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷:

G 05 B 17/00

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **05.12.1997**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **13.12.1996**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1996/764381**

(33) Země priority: **US**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **15.03.2000**
(Věstník č. 3/2000)

(86) PCT číslo: **PCT/US97/22159**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO98/26336**

(71) Přihlašovatel:

SIEMENS CORPORATE RESEARCH, INC.,
Princeton, NJ, US;

(72) Původce:

Santoso Nugroho Iwan, Cranbury, NJ, US;
Petsche Thomas, Neshanic Station, NJ, US;

(74) Zástupce:

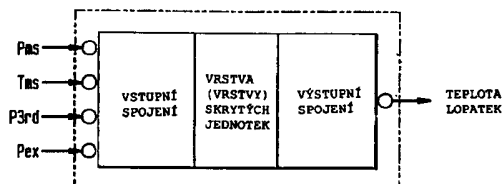
Čermák Karel Dr., Národní 32, Praha 1,
110 00;

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Způsob zjišťování teploty lopatek u parní
turbíny**

(57) Anotace:

Využívá se měření hodnot včetně tlaku a teploty v místech jiných, než římo na lopatkách, zejména na vstupu a na výstupu. Nejprve je teplota lopatek simulována prostřednictvím využívání analytického programu cyklu voda/pára a prostřednictvím přímých experimentů. Umělá neuronální síť (ANN) je zapojena prostřednictvím dodání naměřených hodnot a hodnot teploty lopatek. U hybridního přístupu je využíváno pěti naměřených hodnot. Podsoustava čtyř hodnot parametrů je využívána pro zapojení umělé neuronální sítě (ANN), přičemž je jiná podsoustava tří hodnot využívána pro provádění výpočtu jiného mezilehlého parametru. S využitím mezilehlého parametru a jedné z pěti naměřených hodnot je vypočtena teplota lopatek.



CZ 1999 - 2120 A3



01-946-99-Če

Způsob zjišťování teploty lopatek u parní turbíny

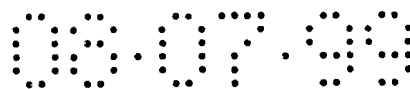
Oblast techniky

Při provozu parních turbín, jako například pro turbogenerátory, je velice důležité, aby byly provozní parametry udržovány ve stanovených mezích za účelem řádného a bezpečného provozu, a to včetně fáze uvádění do provozu neboli startovací fáze, a fáze odstavování z provozu. Nedostatečně bezpečný provoz může mít velice závažné důsledky, neboť může způsobit zranění obsluhujícího personálu či materiální škody.

Dosavadní stav techniky

Bývá obvyklé, že při provozu parního turbogenerátoru je turbína provozována na plný výkon, nebo tehdy, kdy jsou požadavky na energii nedostatečné, je tato turbína z provozu odstavena. Zejména při provozu jako součást velké energetické sítě může být vyžadován provoz na nižší úrovni, než je plné zatížení. Za takových podmínek pak mohou vzniknout komplexní vzory teploty, tlaku, sytosti páry, opětovného ohřívání, expanze a komprese, a to pravděpodobně v důsledku nadměrné teploty turbínových lopatek.

Takové podmínky mohou způsobit poškození lopatek s možnými nedozírnými katastrofickými důsledky. Takže monitorovací provoz za podmínek, kdy vstupní tlak páry je stejný nebo nižší, než její výstupní tlak, má obrovský



praktický význam. Známý dosavadní stav techniky v dané oblasti je dostupný například v následující literatuře:

W. W. Bathie: „Fundamentals of gas turbines“, John Wiley and Sons, 1996; a

H. Herlock: „Axial flow turbines: Fluid mechanics and thermodynamics“, Butterworth, Londýn, 1960.

Dobré matematické modely pro simulování chování páry v turbíně v její celé provozní oblasti nejsou zcela dostupné, zejména ty, které se týkají období, ve kterých je hlavní tlak páry blízký nebo nižší, než výstupní tlak. V průběhu takovýchto období je chování proudění tekutiny velmi komplexní, neboť radiální složka rychlosti se stává velmi významnou v porovnání s osovou složkou rychlosti. Dostupné zjednodušené matematické modely pro simulování chování páry během běžného zatížení obvykle řádně nevykazují, kdy je vstupní tlak blízký nebo nižší, než výstupní tlak.

U nových velkých parních turbín jsou zařízení na měření teploty instalována v příslušných partiích vysokotlakých a nízkotlakých skříní. Tato měření poskytují operátorovi nebo dohlížejícímu inženýrovi údaje o tom zda teplota lopatek nepřesáhla svou mez. Potřeba monitorování teploty lopatek u menších a starších turbín, stejně jako praktičtější a z hlediska nákladů efektivnější způsoby instalace teplotních čidel vedly k tomu, že je nutno uplatňovat praktický systém hodnocení teploty lopatek turbíny v reálném čase a monitorování této teploty lopatek turbíny během provozu.



Podstata vynálezu

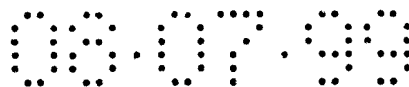
Předmět tohoto vynálezu je určen k tomu, aby byl využíván s výhodou společně s programovatelným počítačem.

V souladu s jedním aspektem předmětu tohoto vynálezu pak způsob zjišťování teploty lopatek u parní turbíny využívá měření hodnot, včetně tlaku a teploty, v oblastech jiných, než přímo na lopatkách, a to v principu na vstupu a na výstupu. Nejprve je teplota lopatky simulována s využitím vodního/parního cyklu analytického programu, stejně jako u provedených experimentů.

Umělá neurální síť (ANN) je uspořádána prostřednictvím stávajících naměřených hodnot a hodnot teploty lopatky. U předmětného příkladného provedení bylo zjištěno, že čtyři hodnoty poskytují uspokojivé výsledky. U jednoho způsobu je umělé neurální síť (ANN) využívána přímo k odvození provozních hodnot teploty lopatek.

V souladu s jiným aspektem předmětu tohoto vynálezu je při hybridním přístupu využíváno měření pěti hodnot. Podsoustava například čtyř hodnot parametrů je využívána pro zapojení umělé neurální sítě (ANN), přičemž je jiná podsoustava například tří hodnot využívána pro provádění výpočtu jiného mezilehlého parametru. S využitím mezilehlého parametru a jedné z pěti naměřených hodnot je vypočtena teplota lopatek.

V souladu s ještě jiným aspektem předmětu tohoto vynálezu pak uživatelské rozhraní poskytuje v reálném čase zobrazení informací pro dozorčího inženýra z hlediska provozu



turbíny tak, že hodnoty kritických parametrů a nežádoucí kombinace provozních podmínek jsou snadno zjistitelné, a že odchylky jsou zcela zřetelné, takže může být rychle iniciována nápravná akce.

Jelikož grafický diagram parametrů může být snadno prezentován, tak jeho formát obvykle nezahrnuje celkový obrázek stavu turbíny z hlediska rozložení a kombinace teplot, tlaku, sytosti páry nebo přehřátí a účinků turbulence.

V souladu s předmětem tohoto vynálezu je přehled provozní situace prováděn mnohem snadněji, a to převáděním provozního expanzního a kompresního procesu prostřednictvím čar do Molliérova diagramu entalpie/entropie. Jsou zde rovněž v kombinaci a v reálném čase poskytovány hodnoty parametrů a směry vývoje parametrů.

S využitím informací z Molliérova diagramu ve spojení s informacemi o vývoji v reálném čase může dozorčí inženýr rychle identifikovat a napravit nežádoucí a potenciálně nebezpečné provozní podmínky.

V souladu s jiným aspektem předmětu tohoto vynálezu pak systém využívá hybridní umělé neurální sítě (ANN), což je algoritmicky založené schema pro vyhodnocování teploty lopatek na základě jiných měření, která jsou běžně dostupná. Tyto běžně dostupné hodnoty měření jsou zde využívány. Údaje pro umělou neurální síť (ANN) zahrnují jak údaje, vytvářené prostřednictvím matematického modelu, tak i údaje, zjištěné experimentálně.



Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude v dalším podrobněji vysvětlen na základě detailního popisu jeho příkladných provedení, který bude podán ve spojitosti s příloženými obrázky výkresů, kde:

obr. 1 znázorňuje stavbu modulu rozvíření vzduchu v souladu s předmětem tohoto vynálezu;

obr. 2 znázorňuje základní schema umělé neuronální sítě (ANN) pro vyhodnocování teploty lopatek v souladu s předmětem tohoto vynálezu;

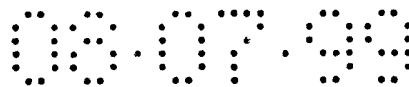
obr. 3 znázorňuje zapojovací proces pro umělou neuronální síť (ANN) v souladu s předmětem tohoto vynálezu;

obr. 4 znázorňuje grafickou strukturu uživatelského rozhraní, uplatnitelnou v souladu s předmětem tohoto vynálezu; a

obr. 5 znázorňuje grafické zobrazení rozhraní, uplatnitelné v souladu s předmětem tohoto vynálezu.

Příklady provedení vynálezu

V průběhu provozu parní turbíny musí být její ohřívání, způsobované rozvířeným vzduchem, udržováno v přijatelných mezích příslušným provozním režimem. Moduly rozvíření vzduchu pro vysokotlaké a nízkotlaké turbíny v souladu s předmětem tohoto vynálezu budou poskytovat operátorovi příslušné informace pro hodnocení teploty lopatek v určitém stupni turbíny. Interaktivní uživatelské rozhraní zobrazuje hodnotu



reálného času, směrový vývojový diagram těchto hodnot a příslušný stav v rámci Molliérova diagramu. Kontrolní dohlížecí doporučení může být odvozeno na základě vyhodnocení a na základě dalších dostupných naměřených hodnot.

V následujícím budou popsány některé příklady jevu rozvíření vzduchu.

U vysokotlaké turbíny, jelikož zde není žádné proudění páry přes turbínu, následující po příslušném vypnutí, tak rozsah přenosu energie závisí na tlaku a na hustotě páry v turbíně. Při zapnutí na plné zatížení bude zpočátku přítomen příslušný tlak ve vysoce chladném přihříváku. Za účelem zamezení nepřípustného ohřívání v důsledku ztrát rozvíření vzduchu je požadován adekvátní tlakový rozpad nebo určitý ochlazovací parní průtok. Expanzní čára v Molliérově diagramu představuje výhodu dostatečného průtoku ve vysokotlaké turbíně poté, kdy bylo plné zatížení změněno na nulové zatížení. Provozní operátor je tím mnohem lépe informován.

On-line zviditelnění expanzních/kompresních čar je obzvláště prospěšné pro ostatní části turbíny, které jsou podrobeny přehřívání, a to v tomto jednotlivém případě v důsledku jevu rozvíření vzduchu. Pro ohřívání parních turbín, kdy jsou řídicí ventily, například při přechodu přes potrubí pro dva spodní ohříváče, uzavřeny, vyžaduje nízkotlaká turbína použití chladicího systému za účelem udržování zvýšení teploty, způsobeného jevem rozvíření vzduchu v posledním stupni, v přijatelných mezích. V tomto operačním režimu pak pára v nízkotlaké turbíně pohlcuje energii, která je výsledkem ztráty rozvíření vzduchu, která výrazně převažovala v posledním stupni.



Obecně pak modul rozvíření vzduchu bude nutno přizpůsobit systému konstrukce a stavby, použitému v daném systému, který je znám jako DIGEST systém. DIGEST je modulárním monitorovacím systémem pro systémy energetických elektráren, vyvinuté aktivitou KWU-FTP firmy Siemens Aktiengesellschaft, (Siemens AG), SRN. DIGEST charakterizuje modulární systémovou stavbu, která může být rozdělena do šesti různých úrovní, které budou krátce vysvětleny v dalším. Modulové složky jsou popsány s velkou pružností jejich stavby pro každou zvolenou strukturu.

Navrhovaný systém skladby ventilačního modulu je znázorněn na obr. 1. První dvě úrovně jsou již dostupné jako části DIGEST. Modifikace byly provedeny pro administrativní úroveň a údajovou úroveň. Modifikace jak v komunikační, tak v údajové úrovni zahrnuje specifikaci parametrů, které jsou nutné pro vyžádání specifických modulových dat prostřednictvím datové přípojnice, a pro vytvoření obslužného vedení a databáze. Hlavní rozvinutí ventilačního modulu je provedeno zejména v akční a prezentační úrovni.

Jak je znázorněno na obr. 1, tak šest úrovní ventilačního modulu tvoří:

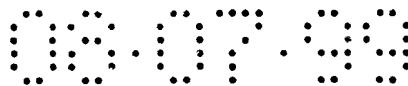
1. Akviziční úroveň. Tato úroveň řídí údajový akviziční proces, který obsahuje několik programovatelných logických řídicích jednotek (PLC) 2 typu Siemens Simatic 5. Dokumentace, týkající se jednotky Simatic 5, je dostupná od firmy Siemens Industrial Automation. Její schopnosti zahrnují vzorkování signálu, A/D konverzi, omezený výpočet provádění sekvenční



procesní akce, cyklové časování a otevřené komunikační funkce. V daném kontextu je používána jako údajové akviziční ústrojí, které odebírá vzorky naměřených údajů v předem stanoveném rozsahu, digitalizuje je a předává příslušné údaje přes éterovou síť asynchronně.

2. Komunikační úroveň. Touto úrovní je v zásadě komunikační obslužné vedení 6, které řídí přenos informací mezi sítí a DEC (sdružením digitálního vybavení) digitálního pracovního stroje. Standardní DEC modul, který zpracovává komunikační výstup, je nazýván Omni-Server/DECnet PhaseV. Procesy v rámci DEC, které řídí přenos dat, jsou označeny DEC-S5, 8, a S5-DEC, 10. DEC-S5 řídí přenos dat z administrativní úrovně k S5, a S5-DEC řídí přenos dat od S5 na administrativní úroveň.

3. Administrativní úroveň. Administrativní úroveň řízení manipuluje s údajovými žádostmi z procesu ventilačního řízení prostřednictvím rozšiřování požadavků ve správném formátu na komunikační úroveň, což je prováděno prostřednictvím telegramového distributorského modulu 12. Řídí rovněž vstupní data v určitém formátu a předkládá data zpět do řídicího procesu za účelem jejich uložení. To je prováděno telegramovým přijímačovým modulem 14. Další funkce zahrnují řízení tlumicí kapacity (de-log) 16, vlastního kontrolního procesu (hlídací pes) 18, a několika časovačů/hodin pro přerušovací účely (časové ovládání) 20. Samostatný kontrolní proces spočívá zejména v kontrole statutu

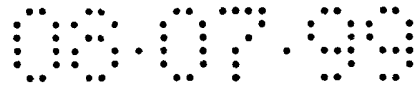


veškerých procesů v rámci systému, přičemž je v případě nezbytnosti nutno provést re-boot.

4. Akční úroveň. Akční úroveň řídí nepřetržitý výplňkový proces a výpočty. Ty zahrnují iniciaci datových požadavků (zasílání požadavků), zpracovávání vstupních dat, ukládání dat, veškeré výpočetní procesy a ukládání výsledků. Podrobnější popis této úrovně bude uveden v následujícím úseku. Tato úroveň může rovněž zahrnovat výstupní zpracování, které prověřuje platnost vypočtených výsledků. V tomto schématu jsou výsledky hodnocení hybridní umělé neurální sítě (ANN) vždy porovnávány s výsledky analytického modulu. Toto ověřování je vyžadováno za účelem zjištění možných špatných výsledků, které bývají obvykle způsobeny vstupními hodnotami, které jsou vzdálené od všech vzorků, které byly představeny v průběhu zácvikového období (ANN). Velké nesrovnalosti mohou znamenat, že je nutno provést další opětovný zácvik.

5. Údajová úroveň. Údajová úroveň pracuje se všemi procesy, týkajícími se ukládání a uchovávání dat a příslušného přístupu k těmto údajům. Obsahuje údajový server 22 a databázi 24. Veškerý přístup do databáze 24 musí být prováděn přes údajový server 22. Pokud jsou jednou data uložena ve správném formátu v databázi 24, je k nim zajištěn snadný přístup na všech úrovních.

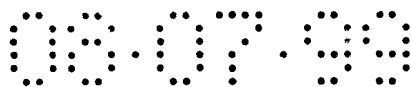
6. Prezentační úroveň. Prezentační úroveň představuje grafickou uživatelskou stykovou plochu,



kteřá umožňuje uživatelům nahlédnout do všech nezbytných informací v několika různých podobách, to znamená běžné hodnoty, trendový diagram a Molliérův diagram. Sestává z ventilačního grafického uživatelského rozhraní 26, z volné grafiky 28 a z podílové paměti 30 pro ukládání mezilehlých hodnot parametrů, nezbytných pro uživatelskou stykovou plochu. Volná grafika 28 je nezávislým grafickým nástrojem pro rýsování veškerých hodnot parametrů, uložených v databázi 24. Tento nástroj byl vyvinut jako část originálního systému DIGEST.

Informace jsou obsaženy v několika vrstvách počínaje od hlavní informace o rozvíření vzduchu, která zejména bude ukazovat teplotu lopatek. Následující vrstvy budou ukazovat podrobné podmínky pro každý úsek turbíny. Tyto vrstvy budou poskytovat informace o hodnotách všech parametrů, které jsou potřebné pro pracovníka obsluhy při vydávání příslušných rozhodnutí, týkajících se provozu turbíny. Další podrobnosti procesu v rámci této úrovně jsou poskytovány v následujících sekcích. S výhodou je zde uspořádána rozvojová obrazovka pro přístup do některých vnitřních modulů a systémových parametrů nebo procesů. Avšak zejména z bezpečnostních důvodů mohou být tato opatření s výhodou vynechána v aktuální pracovní verzi.

Monitorovací proces nemusí být vždy nutno provádět cyklicky ve stejném rozsahu v každé době. To bude záležet na provozních podmínkách turbíny. Pro každou specifickou turbínu je možno předem stanovit několik scénářů. Například žádné zatížení, plné zatížení a nízké zatížení v průběhu pomalého odstavování, uvádění do provozu a odstavování zátěže.



Monitorovací cyklus může být nastavován automaticky pro různé podmínky v závislosti na jejich kritičnosti, přičemž může být uspořádán příslušný displej pro informaci obsluhy.

Modul rozvíření vzduchu má v základě dva hlavní procesy, a to podkladový proces a interaktivní displejový proces. Podkladový proces je vhodný pro získávání nezbytných hodnot parametrů, pro výpočet teploty lopatek při předem stanovené rychlosti a pro ukládání příslušných relevantních informací do vhodné podílové paměti a do databáze. Interaktivní displejový proces bude ukazovat nezbytné nebo požadované informace graficky v jakémkoliv časovém okamžiku. Procesní rychlost je omezena minimálním množstvím času, požadovaného před stabilizací veškerých měření, a bude se měnit v závislosti na rozdílnosti podmínek provozu turbíny. Provoz v blízkosti kritické teploty lopatek může vyžadovat vyšší procesní rychlost.

Před monitorovacím procesem musí být umělá neurální síť (ANN) zapojena a přezkoušena. Zkušební struktura je vhodná pro příslušné hmotnosti a parametry, které budou používány v monitorovacím modulu. Tento proces je prováděn off-line a není jej možno řídit a regulovat prostřednictvím rozhraní GUI. Síť je zapojována s využitím simulovaných dat, získaných prostřednictvím výpočtu vyhodnocené teploty s použitím analytických prostředků pro očekávanou běžnou provozní oblast, a s využitím aktuálních údajů, získávaných z oblasti experimentu. Tyto experimenty se zaměřují na získávání dat při specifických podmínkách nízkého průtoku páry, jako je tomu při odstavování turbíny z provozu, při ztrátě zátěže a při uvádění turbíny do provozu.



Od tohoto uspořádání se očekává, že bude schopno vyhodnocovat teplotu lopatek pro veškeré rozmezí provozu turbíny. Minimálními vstupy pro vyhodnocovací zařízení jsou v reálném čase naměřené hodnoty tlaku hlavní páry, teploty hlavní páry, tlaku třetího stupně a výstupního tlaku. S výhodou mohou být případně uplatňovány i další přídatné vstupy, které mohou být rovněž vyhodnocovány.

Podkladový proces bude získávat naměřené údaje, vypočítávat teplotu lopatek a ostatní nezbytné hodnoty, načež bude uchovávat tyto hodnoty na vhodných místech. Procesní sekvence jsou následující:

 Vyžádání nezbytných naměřených údajů od akviziční úrovně prostřednictvím komunikační úrovně (s využitím protokolu DEC-S5) a administrativní úrovně (distributor telegramů).

 Obdržení naměřených údajů od údajového akvizičního systému Simatic 5 (Siemens PLC). Žádost je šířena prostřednictvím éterové sítě s využitím protokolu S5-DEC a je řízena prostřednictvím televizního zachycení v rámci administrativní úrovně.

Soupis naměřených parametrů zahrnuje:

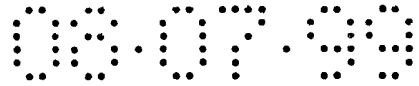
Pms = tlak hlavní páry (v barech),

Tms = teplota hlavní páry (ve ° C),

P1 = tlak páry před lopatkami (v barech),

T1 = teplota páry před lopatkami (ve ° C),

P3 = tlak ve třetím stupni,



P_{ex} = výstupní tlak za přihřívákem (v barech),
 P_{eh} = výstupní tlak před přihřívákem (v barech),
 T_{eh} = výstupní teplota před přihřívákem (ve ° C),
 T_{cb} = teplota spodního pláště (ve ° C),
 T_{cu} = teplota horního pláště (ve ° C),
 T_{ci} = teplota vnitřního pláště (ve ° C),
 T_{co} = teplota vnějšího pláště (ve ° C),
 N = rychlost otáčení (RPM),
 P_{out} = výstupní výkon (MW).

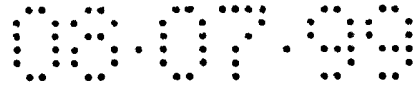
Předběžně zpracované vstupní údaje jsou v požadovaném formátu (interpreter). Tento proces zejména čte šňůru vstupních dat a upravuje je na standardní formát ASCII.

Údaje jsou ukládány do mezilehlých souborů pro další zpracování.

Vyhodnocovací zařízení bude propočítávat hodnotu teploty lopatek s využitím naměřených hodnot. Vstupní naměřené hodnoty, využívané pro vyhodnocování teploty lopatek alespoň pro vysokotlakou turbínu, jsou:

1. Tlak hlavní páry (P_{ms}),
2. Teplota hlavní páry (T_{ms}),
3. Tlak ve třetím stupni (P_{3rd}),
4. Výstupní tlak (P_{ex}),
5. Rychlost otáčení.

U jednoho přístupu je přímo vyhodnocována teplota lopatek s využitím jednosměrné trojvrstvé ANN (obr. 2A).



Druhý přístup využívá hybridní techniku podle obr. 2B, a to rozložením mezilehlých parametrů, kde:

a) Jeden mezilehlý parametr (T_3) je vypočítáván analyticky s využitím vztahu

$$T_3 = \frac{T_{ms}}{\left(\frac{P_{ms}}{P_3}\right)^{\frac{n_0-1}{n_0}}} \quad \text{Rovnice 1}$$

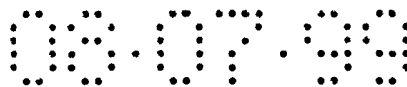
kde n_0 je daná konstanta, týkající se specifické velikosti turbíny.

b) Další mezilehlá konstanta (n) bude vypočítána prostřednictvím zapojené umělé neuronální sítě (ANN) na základě skutečných vstupních hodnot.

c) S využitím dvou mezilehlých hodnot bude poté skutečná teplota lopatek vypočítána s využitím následujícího vztahu:

$$T_{blade} = \frac{T_3}{\ln\left(\frac{P_3}{P_{ex}}\right)^{\frac{n-1}{n}}} \quad \text{Rovnice 2}$$

Tímto způsobem je udržováno oddělení mezi (matematicky) neznámým modelem a známým modelem. Tímto způsobem je komplexnost a nelineárnost v rámci „černé skříňky“ ANN modelu snížena. Kromě toho to rovněž napomáhá při snížení závislosti ANN modelu na specifických parametrech turbíny. Je tím zlepšena přesnost a robustnost celkového vyhodnocovacího schématu, včetně zevšeobecnění mezi různými turbínami. To umožňuje, aby si tento způsob zachoval flexibilitu,



například v případě záměny mezilehlých parametrů ve světle nových znalostí, což se rovněž týká vstupních parametrů. Takováto přízpusobivost je zde očekávána.

Vyhodnocení teploty lopatek a ostatní naměřené parametry jsou poté uloženy na dvou různých místech, a to v databázi a v mezilehlé podílové paměti.

a) Veškeré hodnoty jsou uloženy v databázi prostřednictvím datového serveru.

b) Hodnoty, potřebné pro displej v rámci GUI jsou rovněž uloženy v dočasné podílové paměti.

Tyto hodnoty jsou potom přístupné pro čtení prostřednictvím procesu GUI.

Na obr. 3 je znázorněn obecný zapojovací proces, který je možno uplatnit u ANN modulu, a to buď u přímého přístupu nebo u hybridního přístupu. Jediný rozdíl je ve vstupních parametrech, jak je uvedeno v podkladovém procesu. Proces může být popsán následovně:

Prvním krokem je konstrukce dat, která v podstatě kombinuje data, získaná ze simulace s použitím analýzy cyklu voda/pára, a data, získaná z experimentů. Taková analýza je například zahrnuta v termodynamických modulech v rámci systému DIGEST. Analýza cyklu voda/pára je využívána uvnitř termodynamického modulu v systému DIGEST. Jak již bylo shora vysvětleno, je monitorovací systém DIGEST běžně dostupný na trhu prostřednictvím firmy SIEMENS AG.



Dále je upraven formát dat tak, aby vyhovoval vstupnímu formátu umělé neurální sítě (ANN). Data jsou poté reorganizována rozdělením dat do dvou různých souborů, přičemž jeden je používán pro zapojovací účely a pro účely kontroly platnosti dat, a jeden pro zkušební účely. Přestože neexistují určitá pravidla pro přeskupování dostupných dat, mohou být data reorganizována tak, že veškeré provozní oblasti budou dobře reprezentovány. V souladu s předmětným příkladným provedením je 80 % dostupných dat využíváno pro zapojování a pro účely kontroly platnosti dat, zatímco zbývajících 20 % je využíváno pro zkušební účely.

Struktura ANN je standardní vícevrstvá s jednou skrytou vrstvou. Počet skrytých jednotek se může měnit od čtyř do deseti, aniž by došlo k výraznému zlepšení provozu. Pro velký počet skrytých jednotek je nezbytné delší zapojovací období, což může přinášet riziko příliš mnoha armatur.

Co se týče vyobrazení na obr. 3, tak počínaje od počáteční soustavy zapojovacích parametrů, včetně typu optimalizace algoritmu, typu aktivace funkce, počtu skrytých jednotek a chybových prahů, je zapojovací proces nastartován.

Použitá optimalizace algoritmu je standardní postupem, který je dostupný u různých optimalizací nebo v učebnicích umělé neurální sítě. Viz například:

- Hertz, A. Krogh, R. G. Palmer: „Introduction to the theory of neural computation“, přednáška na Institutu v Santa Fe, Addison-Wesley Publishing Company, červenec 1991;

- D. Rumelhart, J. L. McClelland, PDP Research Group: „Parallel distributed processing: Exploration in the macrostructure of cognition, Volume 1: Foundations“, MIT Press, Cambridge, 1987.

Několik technik bylo zkoumáno ve spojitosti s předmětným příkladným provedením, včetně gradientního poklesu a několika sdružených gradientních technik. Rychlejší konvergence bylo dosaženo uplatněním jedné varianty sdružených gradientních technik.

Pokud systém uspokojivě konverguje tak, že platné chybové prahy jsou uspokojující, potom jsou parametry ANN (spojovací hmotnostní hodnoty a hodnoty prahových jednotek) uloženy pro účely testování. Pokud systém nekonverguje, potom musejí být zapojovací parametry modifikovány až je dosaženo uspokojivého řešení.

Shora uvedený proces může být provádět opakovaně, neboť je všeobecně známo, že systém může konvergovat k různým řešením s různými počátečními podmínkami a zapojovacími parametry. Získání určitého počtu řešení může zvýšit možnost nalezení celkově optimálního řešení.

Řešení jsou poté testována s využitím datového testovacího souboru. Řešení s nejmenší chybou bude použito při vyhodnocovacím procesu v průběhu podkladového procesu.

Kromě běžných skutečných hodnot a směrových diagramů bude grafické uživatelské rozhraní rovněž schopno ukázat podmínky turbíny v rámci chování páry v Molliérově diagramu. Tento diagram, nazývaný rovněž Molliérov diagram



entropie/entalpie nebo diagram celkové teplo/entropie, slouží jako známé opatření pro inženýrství v oblasti termodynamiky a jako nejlepší reprezentace podmínek turbíny s ohledem na veškeré kritické provozní meze. Takže toto on-line zviditelnění podmínek turbíny mnohem lépe pomůže uživateli při rozhodování a přijímání příslušných regulačních akcí.

Proces GUI musí být obecně iniciován uživatelem. Je nutno přistoupit k požadovaným hodnotám, uloženým prostřednictvím podkladového procesu. Proces GUI obsahuje následující kroky (viz odpovídající vyobrazení na obr. 4).

Ventilační modul grafického uživatelského rozhraní může být iniciován nezávisle nebo v rámci DIGEST. Tím bude automaticky iniciováno spojení do jednotky podílové paměti. Jednotka podílové paměti bývá obvykle běžnou jednotkou, která řídí přístup a přenos dat mezi GUI a jakýmkoli vnějším procesem, který může zejména zahrnovat vyrovnávací paměť.

Z přední stránky (viz obr. 5A) si uživatel může prostřednictvím menu TURBÍNA zvolit, zda chce zobrazit některé z následujících turbínových oken:

- vysokotlaká turbína,
- nízkotlaká turbína 1,
- nízkotlaká turbína 2,
- nebo jakékoliv jiné turbíny (jsou-li dostupné).

Pro každou turbínu jsou zde tři okna, která mohou být zvolena prostřednictvím menu DIAGRAM:

- celkový přehled turbíny (obr. 5B až obr. 5D),



- Molliérův diagram (obr. 5E až obr. 5G),
- okno směrového diagramu (obr. 5H až obr. 5J).

Okno „celkový přehled turbíny“ udává skutečnou hodnotu teploty lopatek, stejně jako další informace, které mohou být důležité pro uživatele za účelem přijetí příslušného rozhodnutí, týkajícího se regulace provozu turbíny.

Molliérův diagram je vytvářen na základě standardních termodynamických výpočtů, dostupných v jakékoliv učebnici termodynamiky, jako jsou například již shora uvedené knihy. Je zde používáno běžně obvyklé praxe, na jejímž základě je vytvářena podkladová Molliérova síť, na kterou jsou nanášeny expanzní údaje, které jsou propočítávány na základě skutečných hodnot měření na vrchol této sítě. Takováto běžná praxe je popsána například v publikaci firmy SIEMENS AG o názvu „VISUM“, uživatelská příručka, verze 3, říjen 1992.

Několik znaků, které jsou zanášeny do okna Molliérova diagramu, zahrnuje:

1. Schopnost přejíždět transfokátorem v rámci grafu entalpie/entropie, přičemž je možno vytvářet s pomocí myši zobrazení, zahrnující požadovanou oblast.

2. Instantní miniaturní směrový diagram, který může být aktivován kliknutím na tabulku nebo čtvereček příslušné hodnoty parametru.

3. Molliérovo výběrové rozhraní, poskytující cesty k personalizaci zobrazených parametrů pro uživatelské preference. Poskytuje rovněž teplotní prahové meze, které



umožní uživateli nastavit určitý práh pro aktivaci výstražného signálu a zaslat výstražný signál k obsluze.

Směrový diagram umožňuje výběr až deseti parametrů, které mohou být znázorněny současně. Maximální počet parametrů, které mohou být znázorněny, je v podstatě neomezený. Avšak jakýkoliv počet, větší než deset, způsobí potíže z hlediska viditelnosti vlastního grafu či diagramu. To má stejný znak, jako je znak # 2 v Molliérově diagramu. Přesná hodnota v rámci grafu může být nalezena prostřednictvím kliknutí na požadovaný bod. Přesná hodnota bude zobrazena pod odpovídající osou.

Z okna směrového diagramu může uživatel dále analyzovat data prostřednictvím výběru FREE GRAPHICS, který poskytne uživateli přístup do úplné kompletní databáze. Tato složka je poskytována v rámci systému DIGEST.

Zobrazovací proces GUI umožní přístup k nezbytným údajům z podílové paměti, s výjimkou FREE GRAPHICS, kde je umožněn přístup k údajům z databáze prostřednictvím datového serveru.

Jelikož byl předmět tohoto vynálezu popsán prostřednictvím jeho příkladných provedení, jsou pro odborníka z dané oblasti techniky zcela zřejmé různé změny a modifikace předmětu tohoto vynálezu. Například volba parametrů, která zde byla prováděna, může být změněna na předmět volby. Takovéto a podobné změny jsou předpokládány, takže leží v rozsahu ochrany a myšlenky předmětu tohoto vynálezu, který je definován prostřednictvím následujících patentových nároků.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Způsob zjišťování teploty lopatek u parní turbíny, který využívá měření hodnot parametrů včetně tlaku a teploty v místech alespoň jednoho vstupního a výstupního stupně, v y z n a č u j í c í s e t í m , že obsahuje následující kroky:

- simulování hodnot teploty lopatek prostřednictvím využívání analytického programu cyklu voda/pára a prostřednictvím řízených experimentů,

- zapojení umělé neurální sítě (ANN) prostřednictvím dodávání uvedených naměřených hodnot a uvedených hodnot teploty lopatek, a

- dodávání hodnot, naměřených v reálném čase, do uvedené umělé neurální sítě (ANN).

2. Způsob zjišťování teploty lopatek podle nároku 1 v y z n a č u j í c í s e t í m , že uvedené naměřené hodnoty jsou čtyři.

3. Způsob zjišťování teploty lopatek podle nároku 1 v y z n a č u j í c í s e t í m , že uvedená umělá neurální síť (ANN) je využívána přímo k odvození hodnot provozní teploty lopatek.

4. Způsob zjišťování teploty lopatek podle nároku 3 v y z n a č u j í c í s e t í m , že obsahuje následující kroky:

- vytváření první podsoustavy uvedených hodnot parametrů,

- využívání uvedené první podsoustavy pro zapojení uvedené umělé neurální sítě (ANN),

- vytváření druhé podsoustavy uvedených hodnot parametrů,

- využívání uvedené druhé podsoustavy pro provádění výpočtu pro odvození mezilehlých parametrů, a

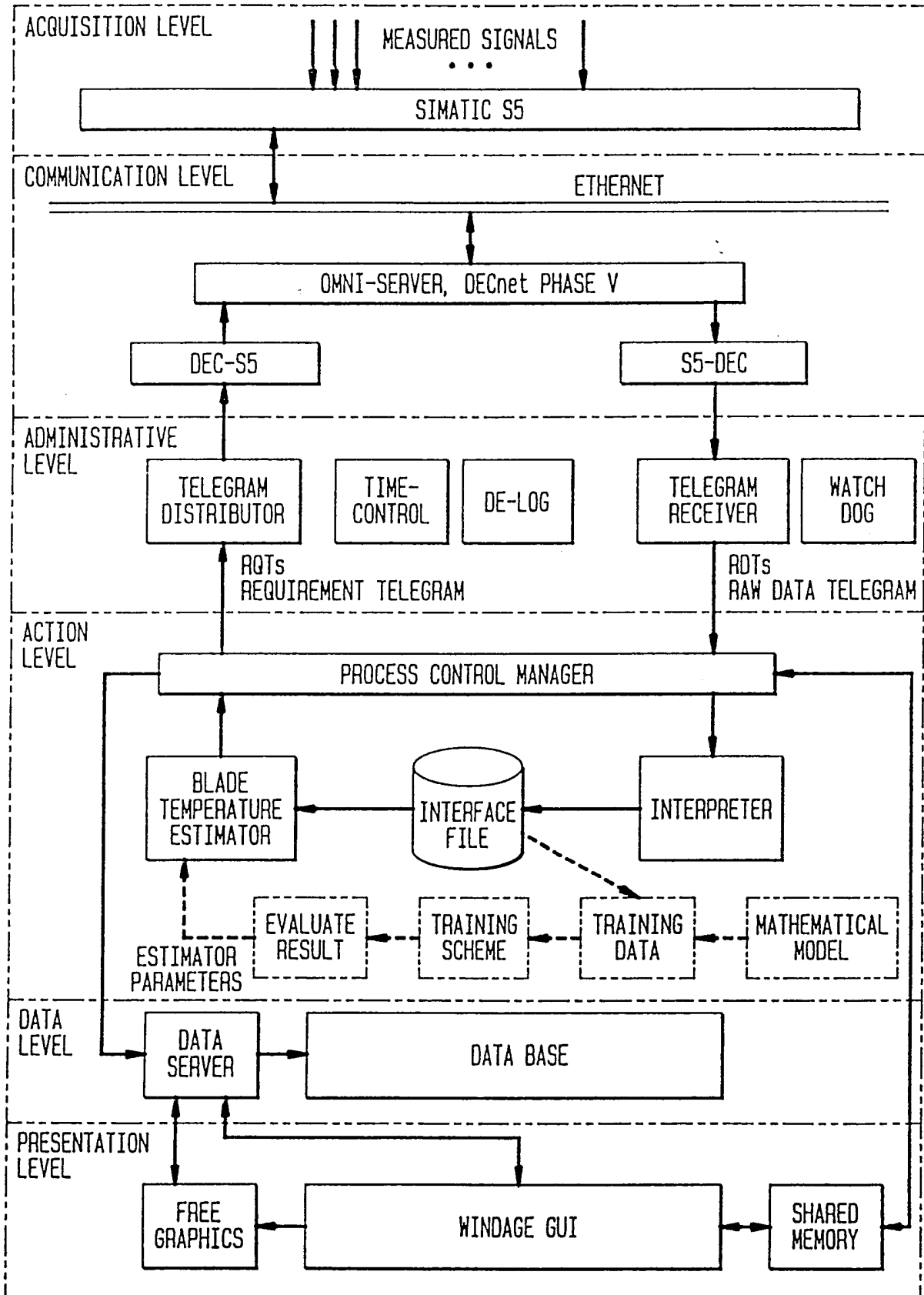
- využívání uvedených mezilehlých parametrů a jedné z hodnot uvedených naměřených parametrů za účelem výpočtu hodnoty teploty lopatek.

5. Způsob zjišťování teploty lopatek podle nároku 4 v y z n a č u j í c í s e t í m , že je využíváno pěti hodnot naměřených parametrů, přičemž uvedená podsoustava obsahuje čtyři naměřené parametry.

08.07.99

1/14

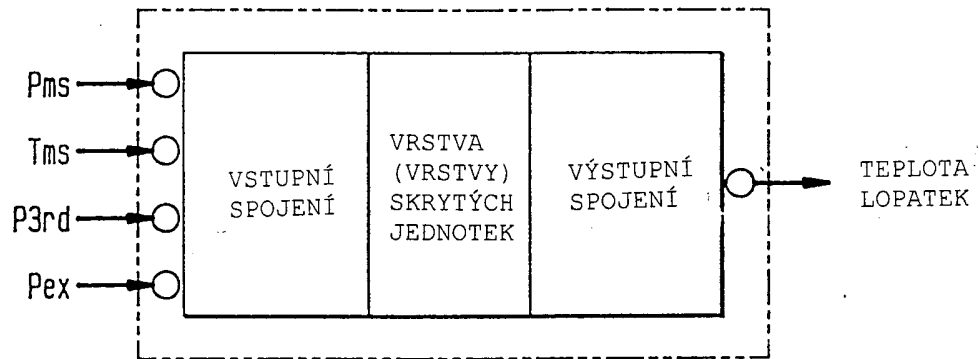
OBR. 1



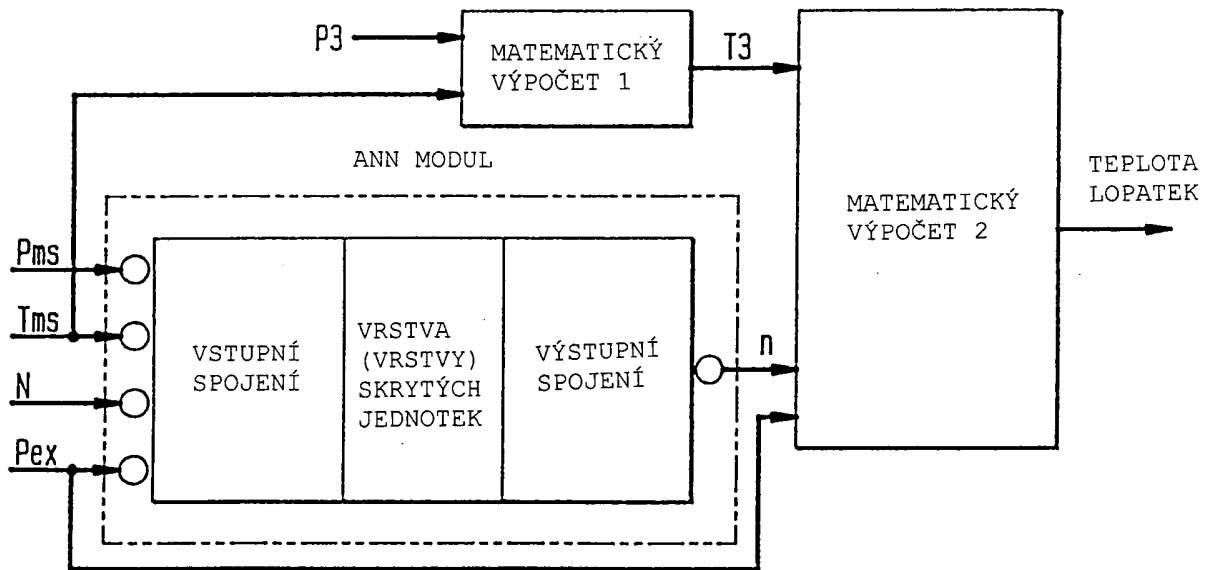
08.07.99

2/14

OBR. 2A



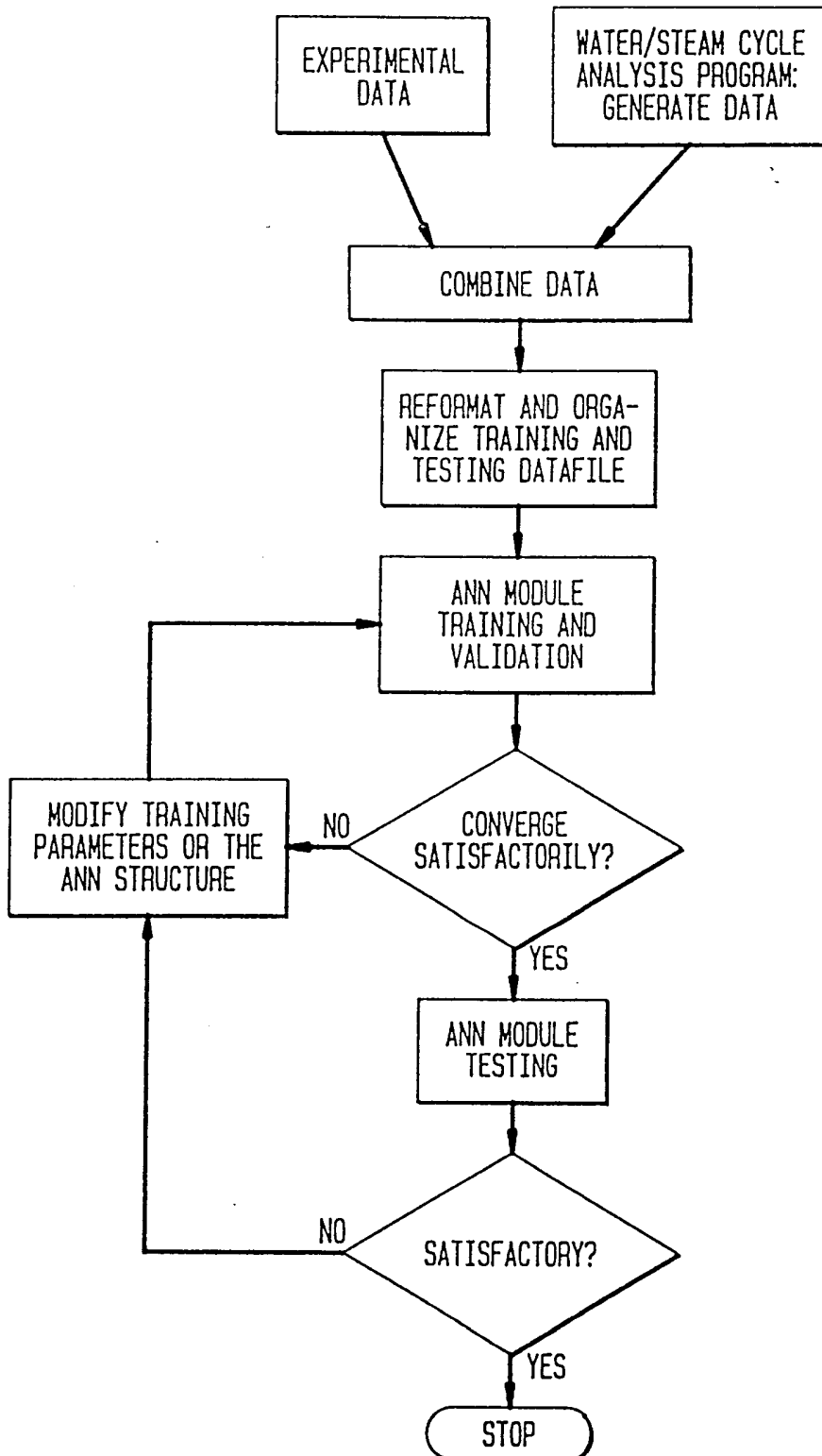
OBR. 2B



08.07.99

3/14

OBR. 3

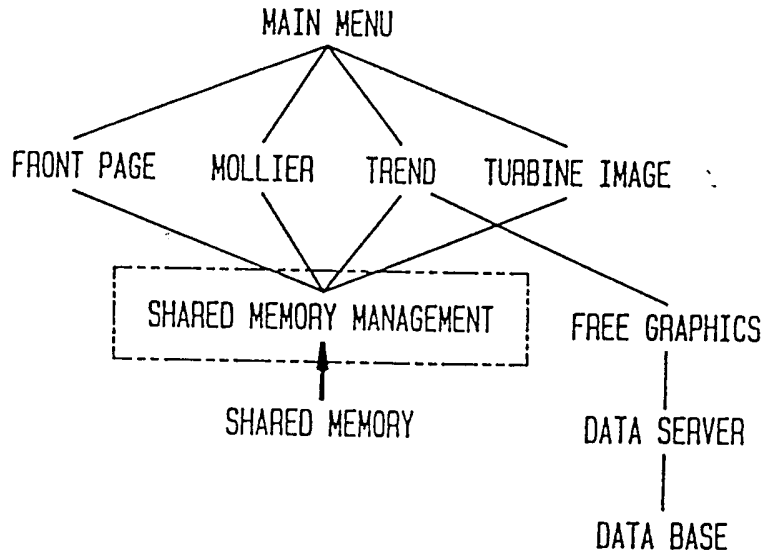


08.07.99

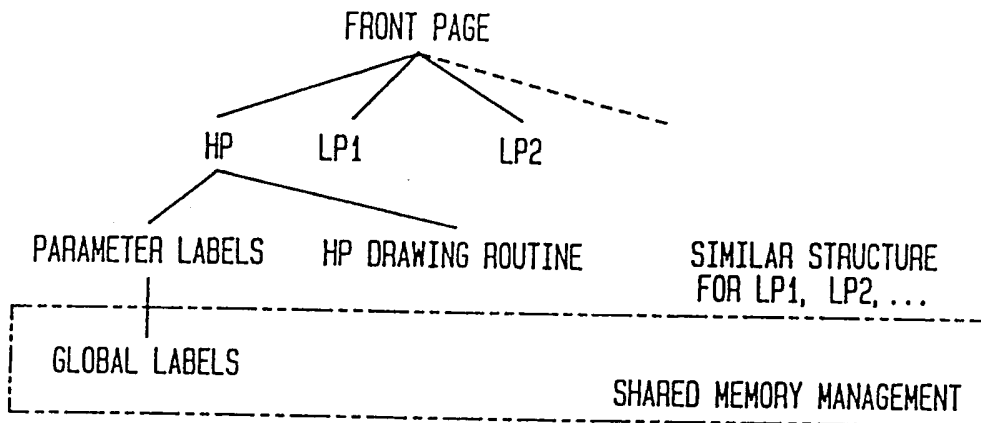
PV 2120

4/14

OBR. 4A



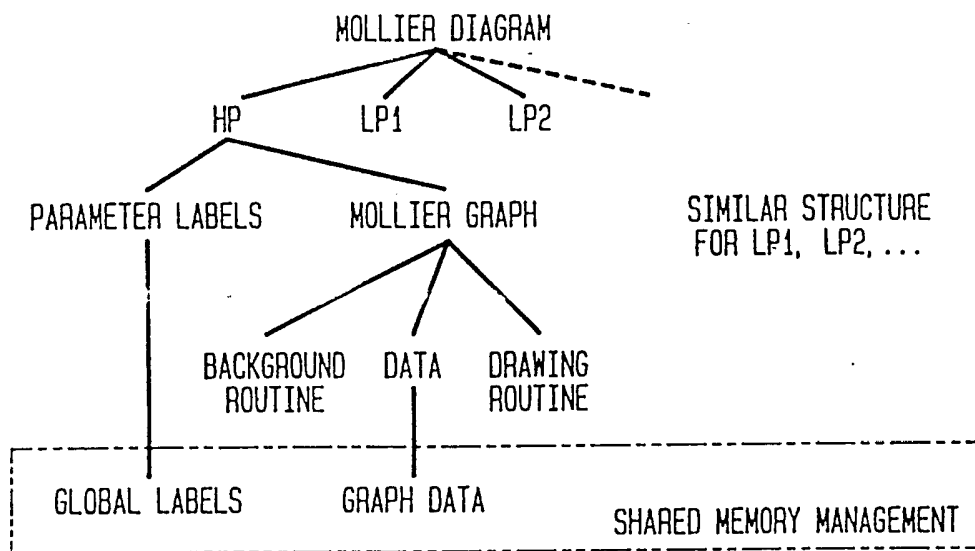
OBR. 4B



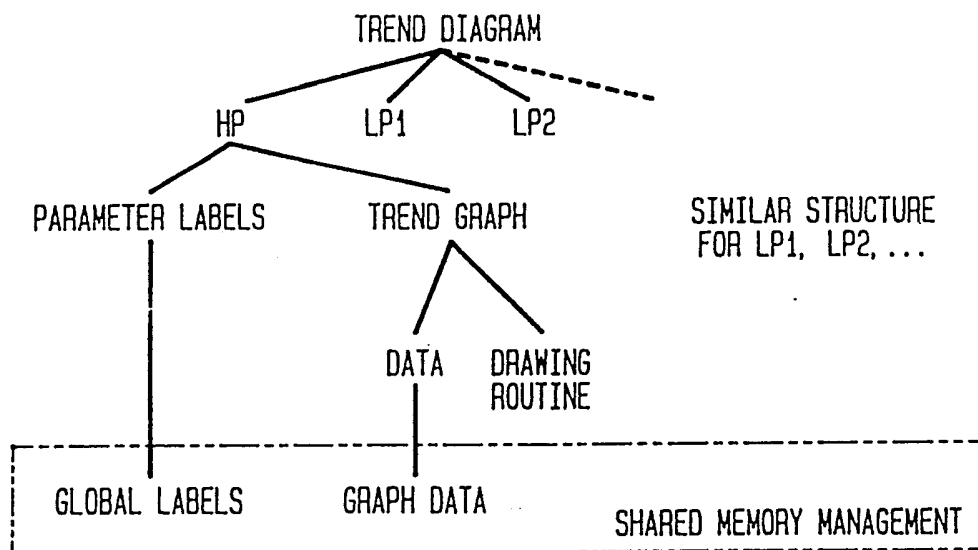
08.07.99

5/14

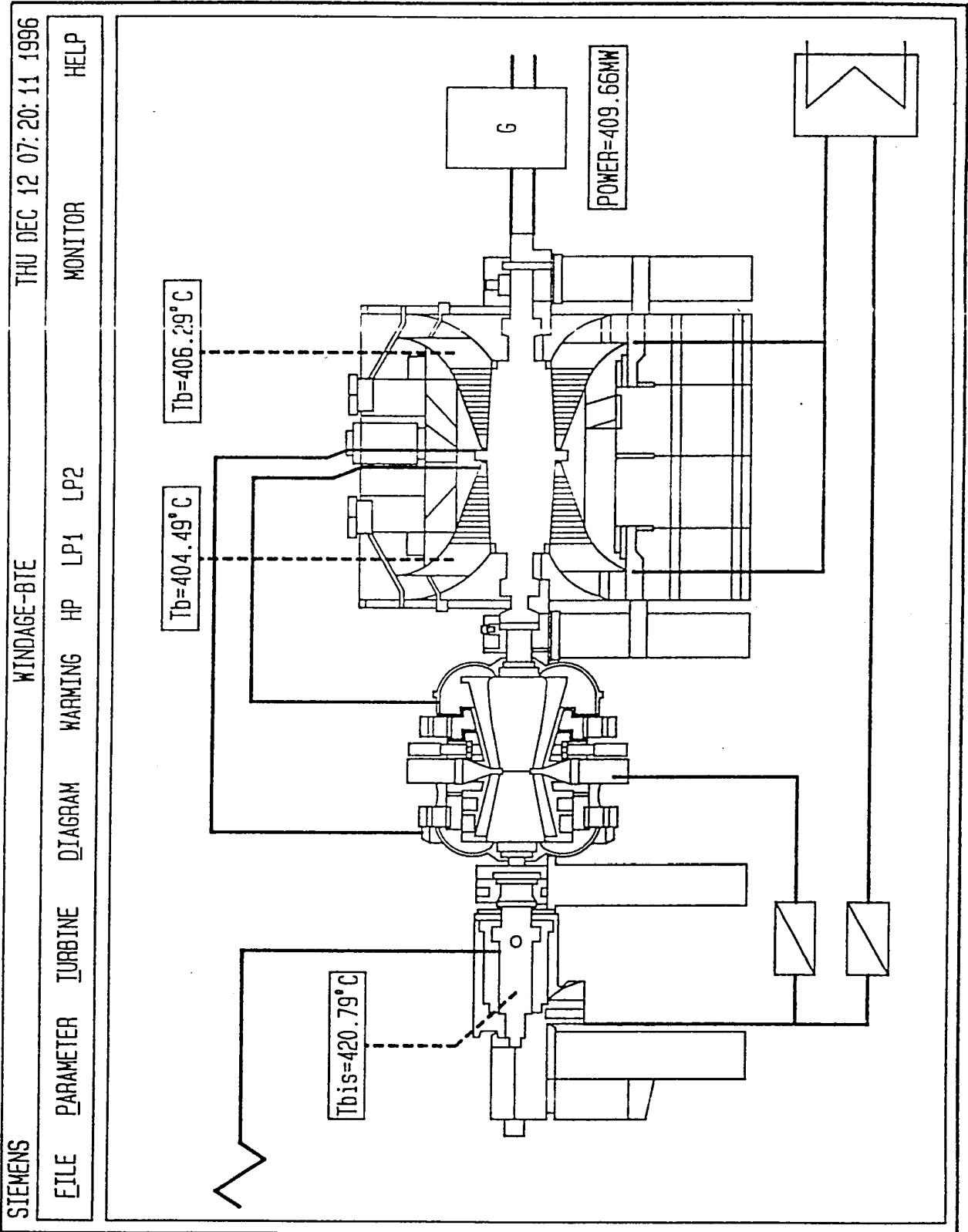
OBR. 4C



OBR. 4D



OBR. 5A



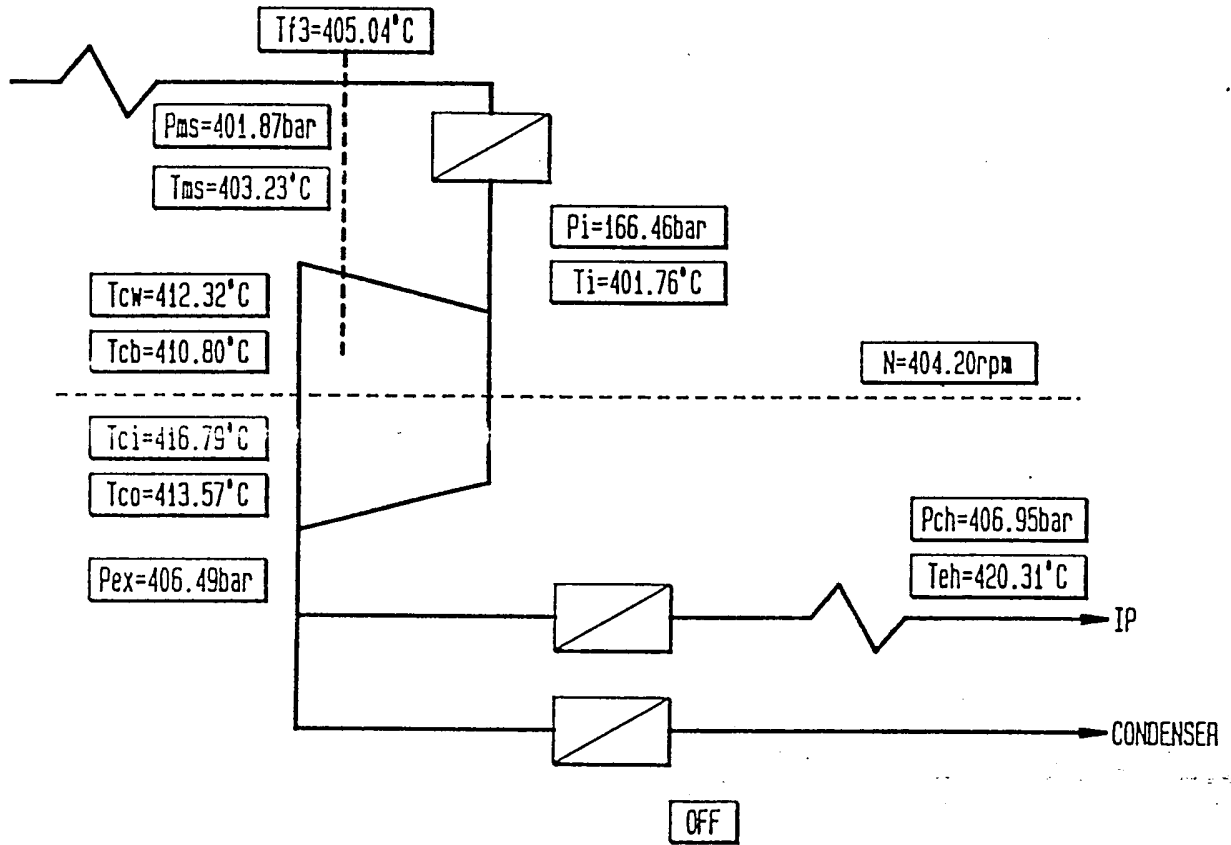
6/14

08.07.99

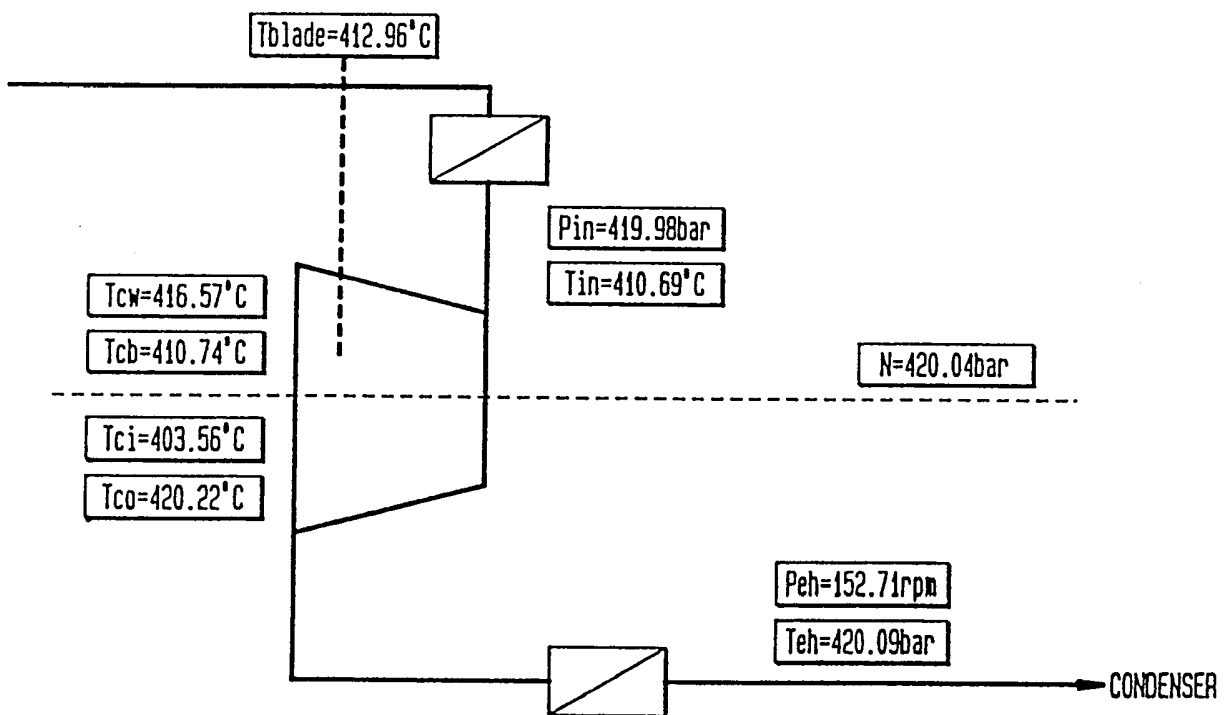
PV120-99

7/14

OBR. 5B



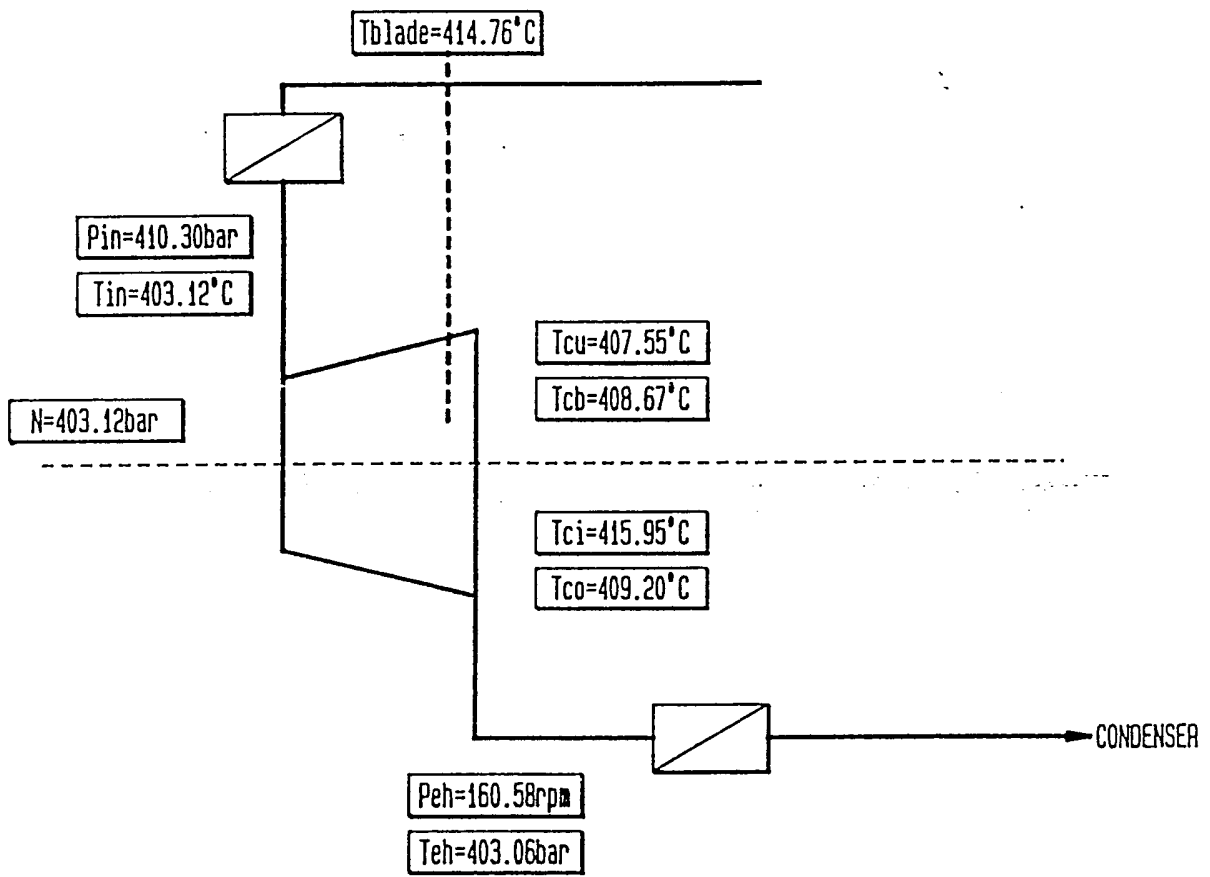
OBR. 5C

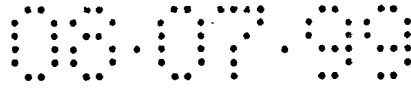


08.07.99

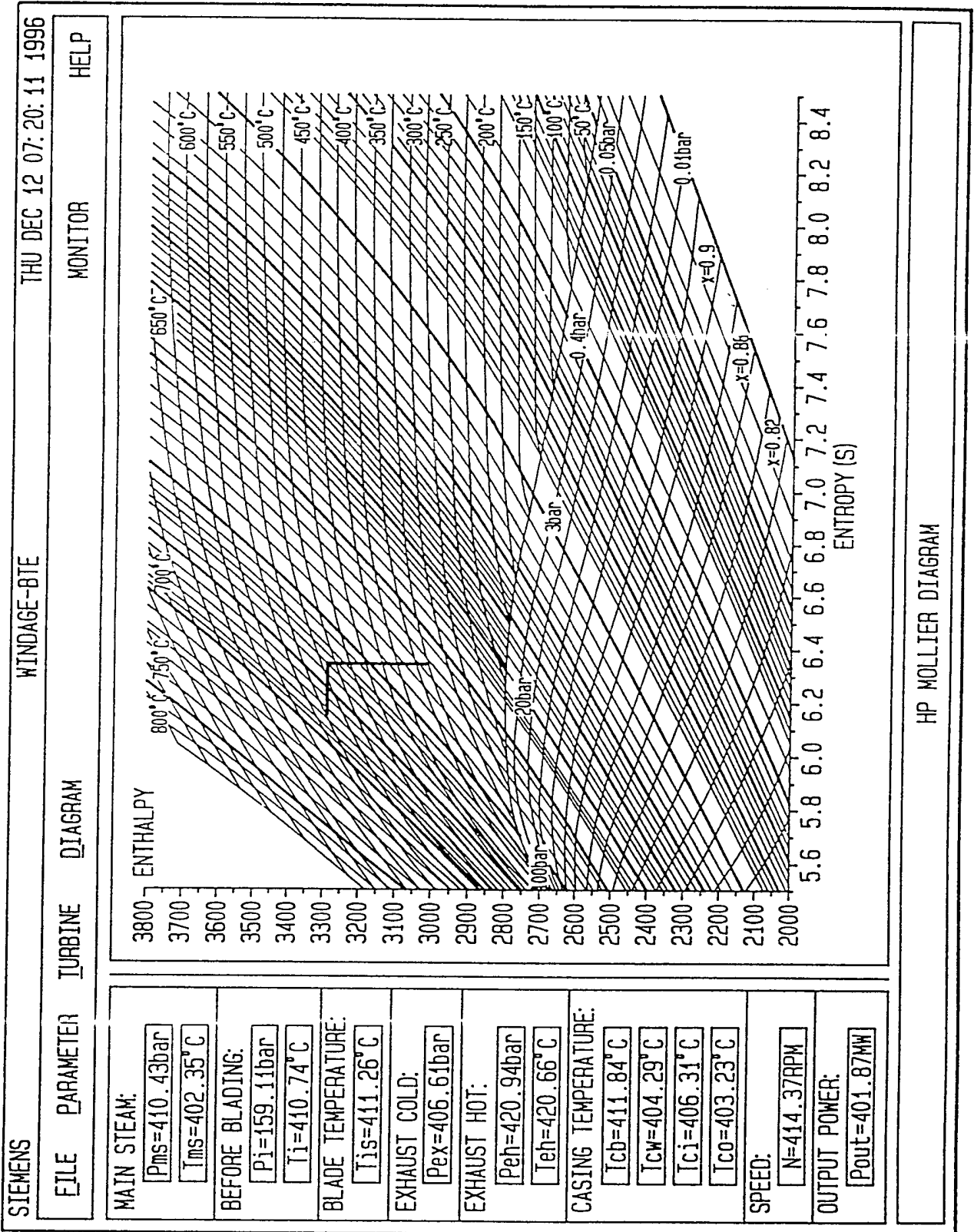
8/14

OBR. 5D

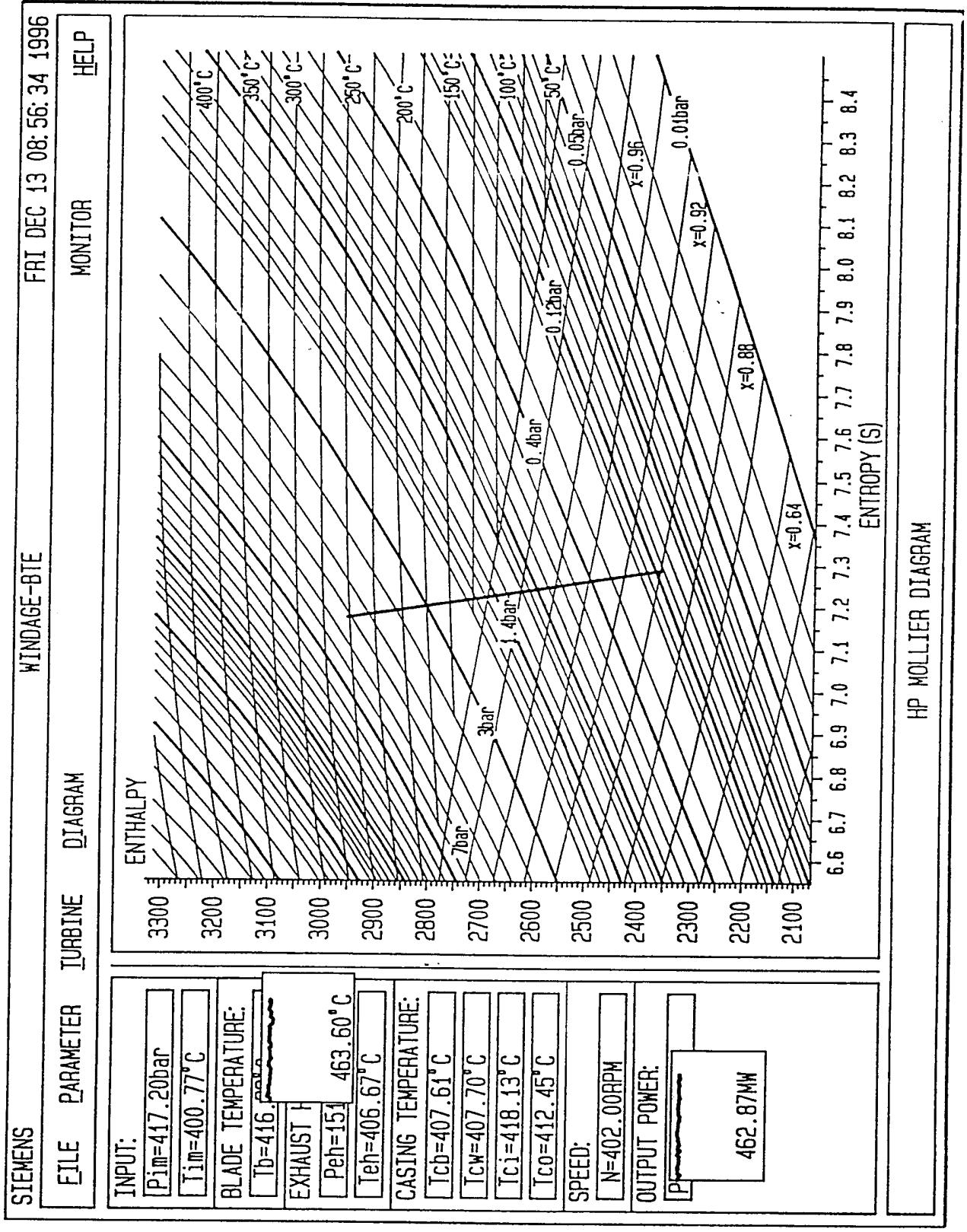




9/14

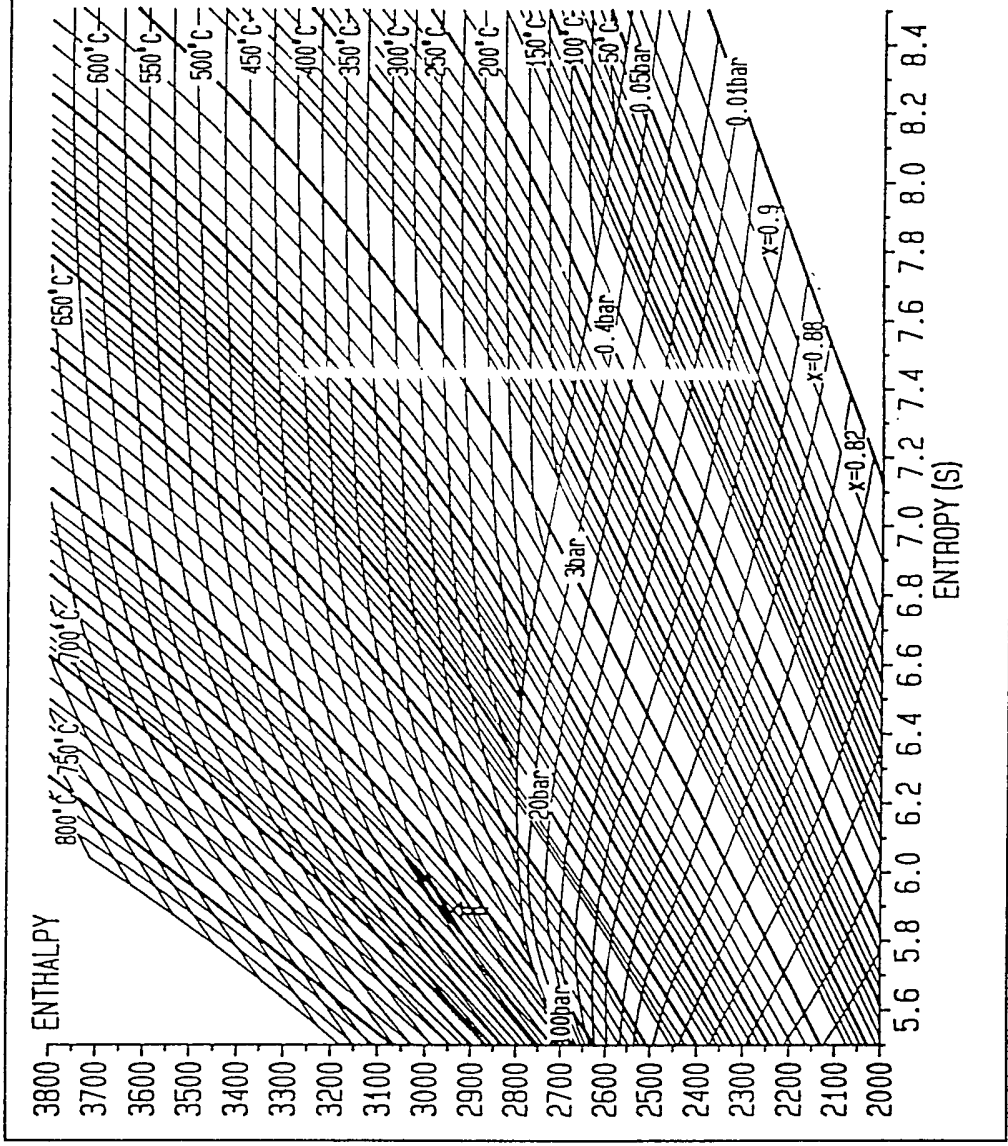


HP MOLLIER DIAGRAM



08.07.99

INPUT:
 Pin=421.71bar
 Tin=422.50°C
 BLADE
 Tb=40 464.10°C
 EXHAUST:
 Peh=152.66bar
 Teh=416.98°C
 CASING TEMPERATURE:
 Tcb=416.06°C
 463.06°C
 SPEED:
 N=401.56RPM
 OUTPUT POWER:
 Pout=413.00MW
 463.86MW



LP2 MOLLIER DIAGRAM



12/14

SIEMENS WINDAGE-BTE THU DEC 12 07: 26: 05 1996

EJLE PARAMETER TURBINE DIAGRAM MONITOR HELP

MAIN STEAM:	<input type="radio"/> Pms=412.41bar	<input checked="" type="radio"/> Tms=401.34°C
BEFORE BLADING:	<input checked="" type="radio"/> Pi=157.33bar	<input type="radio"/> Ti=403.50°C
BLADE TEMPERATURE:	<input checked="" type="radio"/> Tis=410.49°C	
EXHAUST COLD:	<input type="radio"/> Pex=418.39bar	
EXHAUST HOT:	<input type="radio"/> Peh=421.56bar	<input type="radio"/> Teh=407.96°C
CASING TEMPERATURE:	<input type="radio"/> Tcb=405.37°C	<input type="radio"/> TCW=413.75°C
	<input type="radio"/> Tci=404.62°C	<input type="radio"/> Tco=420.90°C
SPEED:	<input type="radio"/> N=405.54RPM	
OUTPUT POWER:	<input type="radio"/> Pout=409.83MW	
	<input type="checkbox"/> UPDATE GRAPH	

HP TREND DIAGRAM

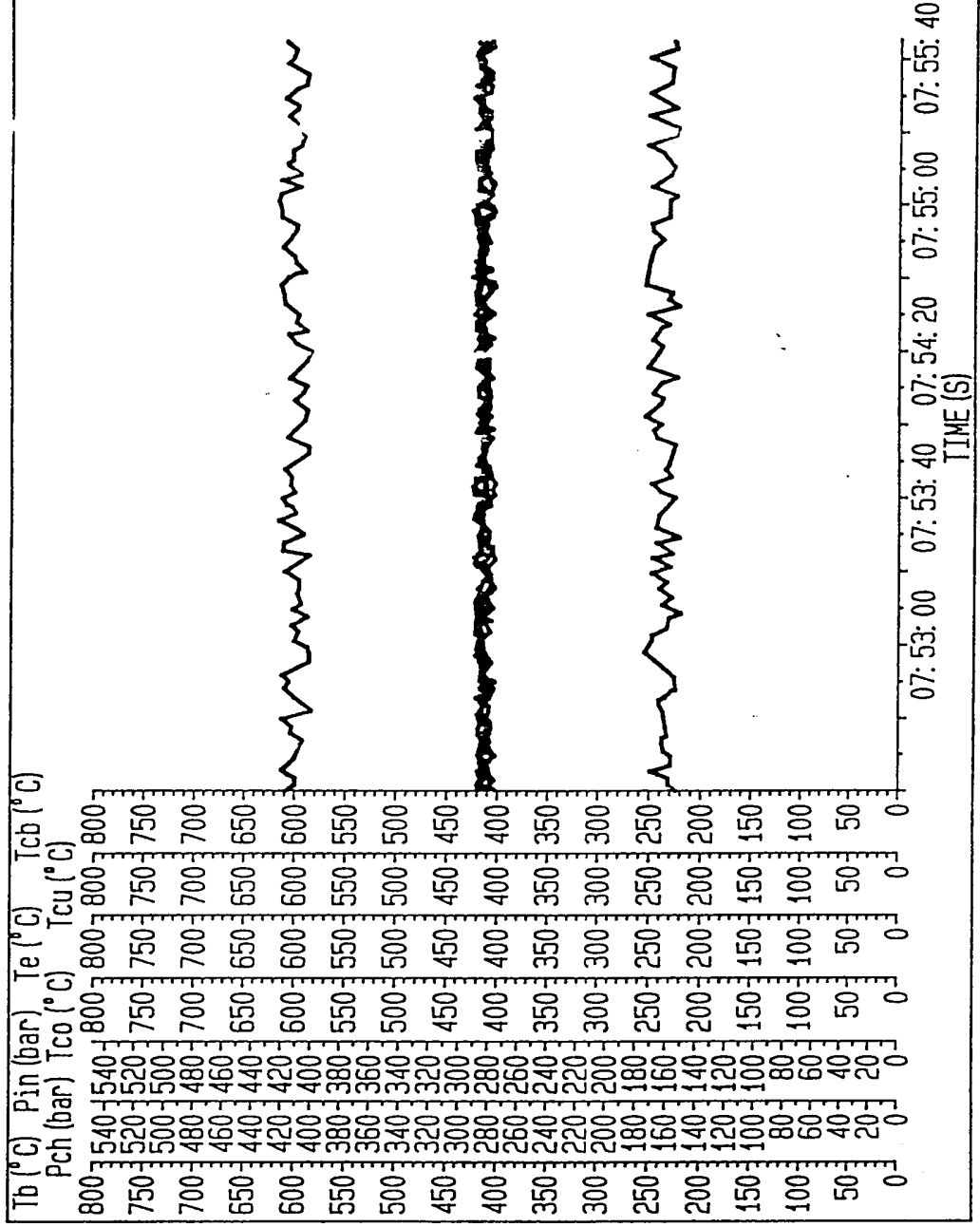
OBR. 5H



13/14

SIEMENS WINDAGE-BTE FRI DEC 13 07:55:12 1996

FILE PARAMETER TURBINE DIAGRAM HP LP1 LP2 MONITOR HELP



LP1 TREND DIAGRAM

SIEMENS

FILE PARAMETER TURBINE DIAGRAM

INPUT:
 Pin=407.70bar
 Tin=416.79°C
 BLADE TEMPERATURE:
 Tb=409.02°C
 EXHAUST:
 Peh=150.75bar
 Teh=409.33°C
 CASING TEMPERATURE:
 Tcb=410.96°C
 Tcw=415.95°C
 Tci=400.92°C
 Tco=411.95°C
 SPEED:
 N=401.96RPM
 OUTPUT POWER:
 Pout=400.13MW
 UPDATE GRAPH

OBR. 5 I



SIEMENS WINDAGE-BTE FRI DEC 13 08:00:15 1996

EFILE PARAMETER TURBINE DIAGRAM MONITOR HELP

INPUT:	<input checked="" type="radio"/> P _{in} =416.70bar	<input type="radio"/> P _{ch} (bar)	<input type="radio"/> T _s (°C)	<input type="radio"/> P _{out} (MW)
	<input type="radio"/> T _{in} =420.42°C			
BLADE TEMPERATURE:	<input checked="" type="radio"/> T _b =405.98°C			
EXHAUST:	<input checked="" type="radio"/> P _{eh} =163.31bar			
	<input type="radio"/> T _{eh} =409.28°C			
CASING TEMPERATURE:	<input type="radio"/> T _{cb} =418.63°C			
	<input type="radio"/> T _{cw} =404.84°C			
	<input type="radio"/> T _{ci} =407.22°C			
	<input type="radio"/> T _{co} =420.26°C			
SPEED:	<input type="radio"/> N=420.44RPM			
OUTPUT POWER:	<input checked="" type="radio"/> P _{out} =401.08MW			
	<input type="checkbox"/> UPDATE GRAPH			

HP TREND DIAGRAM