

港湾技研資料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 119 June 1971

大深度しゅんせつ用エゼクタの設計について

守 口 照 明
河 野 茂

運輸省港湾技術研究所



大深度しゅんせつ用エゼクタの設計について

目 次

要 旨	
1. ま え が き	3
2. 揚程および効率についての考察	3
2.1 大深度しゅんせつ用エゼクタの揚程	3
2.2 効 率 の 定 義	4
3. 実験施設の概要	4
3.1 エゼクタによる揚砂実験装置	4
3.2 供 試 エ ゼ ク タ	4
3.3 供 試 砂	6
4. 実験の範囲とその結果	6
4.1 実 験 の 範 囲	6
4.2 加圧係数の測定結果	6
5. 設計図表の作成	6
5.1 設計図表の作成範囲	6
5.2 大深度しゅんせつ用エゼクタの標準形式	7
5.3 揚程と効率の傾向	7
6. あ と が き	8
参 考 文 献	8
記 号 表	8
設 計 図 表	9
付 表	80

Design of Ejector-Pump for Great Depth Dredging

Teruaki MORIGUCHI*

Shigeru KONO*

Synopsis

This technical note presents charts and a table available for the design of ejector-pumps which can be used for the great depth dredging. Calculations are made in the following ranges:

- | | |
|--|-------------------------------------|
| a) Ratio of the cross sectional area of nozzle to that of the throat | $A_j/A_d = 0 \sim 0.1$ |
| b) Ratio of the cross sectional area of the throat to that of the outlet | $R_a = 0.2 \sim 1.0$ |
| c) Head of ejector-pump | $H_s = 0 \sim 200 \text{ m}$ |
| d) Pressure of water for driving ejector-pump | $P_j = 10 \sim 100 \text{ kg/cm}^2$ |
| e) Suction velocity of ejector-pump | $V_s = 3 \sim 6 \text{ m/s}$ |
| f) Specific weight of the sucked soil-water mixture | $G_s = 1.1 \sim 1.4 \text{ t/m}^3$ |

* Member, Dredger and Construction Equipment Laboratory, Machinery Division

大深度しゅんせつ用エゼクタの設計について

守 口 照 明 *
河 野 茂 *

要 旨

- 大深度しゅんせつ用エゼクタの設計に必要な図表を、つぎの範囲について作成した。
- a) エゼクタのノズルとのど部の面積比 $A_j/A_d = 0 \sim 0.1$
 - b) のど部とエゼクタの吐出口の面積比 $R_a = 0.2 \sim 1.0$
 - c) エゼクタの揚砂揚程 $H_s = 0 \sim 100 \text{ m}$
 - d) エゼクタの駆動圧力 $P_j = 10 \sim 100 \text{ Kg/cm}^2$
 - e) エゼクタの吸込速度 $V_s = 3 \sim 6 \text{ m/s}$
 - f) 吸込土砂水の比重量 $G_s = 1.1 \sim 1.4 \text{ t/m}^3$

1. ま え が き

近年、航行船舶の巨大化、大規模な埋立地の必要性、港湾施設の大型化などともなう、航路、泊地、埋立地の造成のためのしゅんせつや、構造物の基礎の床掘工事の実施にあたって、大深度しゅんせつ工法の開発が急がれている。現在これらの工事に使用されている作業船には、クラブ船、バケット船、ポンプ船、エゼクタ船、エゼクタを備えたポンプ船等があり、しゅんせつ土質、土量、深度等によって、その工事に適した機種が選択されているようである。

本報告書ではこれらの機種のみならず、単体でも使用でき、また、ポンプ船の管内加圧用としても多く使用されている、大深度しゅんせつ用エゼクタの設計資料を得るために実施した実験の概要ならびに、実験結果を基礎にして作成した設計図表について述べる。揚水に土砂を含む揚砂エゼクタの設計方法については、のど部および広がり管を有しないタイプのエゼクタについて、港湾技研資料第108¹⁾で発表した。エゼクタは、その流量・加圧特性よりみて、のど部および広がり管を有しないタイプでは、大流量を得るのは容易であるが、大揚程を得るためには、高い駆動圧力を必要とし不利な面が多い。これに反し、のど部および広がり管を有するエゼクタでは比較的低い駆動圧力で高い揚程が得られ、大深度しゅんせつ用としては非常に有利である。以上の観点から、のど部および広がり管を有するエゼクタ

の、揚砂時の流量・加圧特性について広範囲の実験を行ない、その解析の結果を基礎にして設計図表を作成した。本報告ではそのほかに、しゅんせつ用エゼクタの効率について、新しい定義を提案し、図表の使用により、効率の良い大深度しゅんせつ用エゼクタの設計を容易ならしめた。

2. 揚程および効率についての考察

2.1 大深度しゅんせつ用エゼクタの揚程

垂直上昇流れの、エゼクタの揚砂時の揚程（エゼクタの吐出圧力と吸込圧力の圧力差を吐出土砂水の泥水柱高さに換算したもので、以下揚砂揚程または単に揚程という）を、次の式で表わすものとする（記号は図-1を参照のこと）。

$$\begin{aligned}
 H_s &= (P_e - P_r) / \gamma_e \\
 &= \left\{ \left(\frac{A_j}{A_d} \cdot V_j^2 + \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \cdot \frac{A_e}{A_d} \cdot V_s^2 - \frac{\gamma_e}{\gamma_w} \cdot V_d^2 \right) \frac{1}{g} \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\gamma_e}{\gamma_w} (V_d^2 - V_e^2) \frac{1}{2g} - \lambda \frac{L_s}{D} \cdot V_s^2 - \lambda \frac{L_e}{D} \cdot V_e^2 \right\} \\
 &\quad \frac{C_p}{\gamma_e} \dots \dots \dots (2.1)
 \end{aligned}$$

上式において

- H_s : 揚砂揚程
- P_e : エゼクタの吐出圧力
- P_r : エゼクタの吸込圧力
- A_j : エゼクタのノズル出口の面積
- A_d : のど部の面積
- A_e : 吐出口の面積
- V_d : のど部を通過する土砂水の速度

* 機材部 作業船研究室

- V_j : ノズル出口における駆動水の噴出速度
- V_s : エゼクタの吸込速度
- V_e : エゼクタの吐出速度
- γ_s : 吸込土砂水の比重量
- γ_e : 吐出土砂水の比重量
- γ_w : 清水の比重量
- L_s : 吸込部の長さ
- L_e : 吐出部の長さ
- D : 吸込部および吐出部の口径
- λ : 管摩擦抵抗係数
- g : 重力の加速度
- C_p : 加圧係数

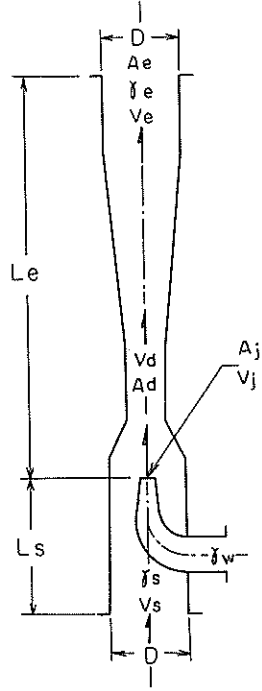


図-1 エゼクタ各部の記号

エゼクタ内を流れる土砂水の損失水頭としては、管壁による摩擦損失のほか、ノズルから噴射される駆動水と吸込土砂水が混合するさいの混合損失、広がり管による損失等があるが、これらを個々に求めることは困難であるので、本研究においてはこれらを一括して、加圧係数 C_p に含めて処理することとした。次章以下で述べるエゼクタによる揚砂実験も、主としてこの加圧係数 C_p を求めるために実施したものである。

2.2 効率の定義

しゅんせつ用エゼクタの設計にあたっては、設計条件として揚程と揚土量(単位時間当たり)を与えられる場合が多い。しかし、与えられた条件の揚程と揚土量の得られるエゼクタの諸元は、エゼクタ各部の面積比、駆動圧力、揚水の水速等の組合せによって無数に存在するために、設計条件にあったエゼクタの設計は可能であっても、そのエゼクタが性能の面ではたして最良のものであるかどうかの判定はできない。

いま、エゼクタの性能を比較するための一つの方法として、しゅんせつ用エゼクタの揚砂時の効率(以下揚砂効率または単に効率という)を、つぎのように定義する。

$$Y_s = \frac{\gamma_m \cdot Q_m \cdot H_s}{\gamma_w \cdot Q_j \cdot H_j} \times 100 \dots\dots\dots (2.2)$$

ここに

- Y_s : 揚砂効率(%)
- γ_m : 土砂の真比重量
- γ_w : 清水(駆動水)の比重量
- Q_m : 単位時間あたり真体積揚土量
- Q_j : 単位時間当たりの駆動水量
- H_s : 揚砂揚程
- H_j : 駆動圧力水頭

$$\left(\begin{array}{l} H_j = (P_i - P_s) / \gamma_w \\ P_i : \text{ノズル入口の駆動水の圧力} \\ P_s : \text{ノズル出口の駆動水の圧力} \end{array} \right)$$

なお、後述の設計図表の作成にあたっては、上式をつぎのように変形して、面積比、速度比、水頭比その他の関数として表示した。

$$Y_s = \frac{A_e}{A_j} \cdot \frac{V_s}{V_j} \cdot \frac{H_s}{H_j} \cdot \frac{\gamma_m}{\gamma_e} \cdot \frac{\gamma_s - 1}{\gamma_m - 1} \times 100 \dots\dots\dots (2.3)$$

3 実験施設の概要

3.1 エゼクタによる揚砂実験装置

揚砂実験装置については、港研報告^{3,6,7)} および港湾技研資料²⁾ において、すでに詳しく紹介してあるので、説明は省略する。

3.2 供試エゼクタ

図-2に示すエゼクタを使用して実験を行なった。エゼクタ本体は鋼製、ノズルはステンレス製で、ノズルの口径は、6, 8, 10, 12 mm, (各2本)の4種類である。エゼクタ各部の主要次元を表-1に示す。

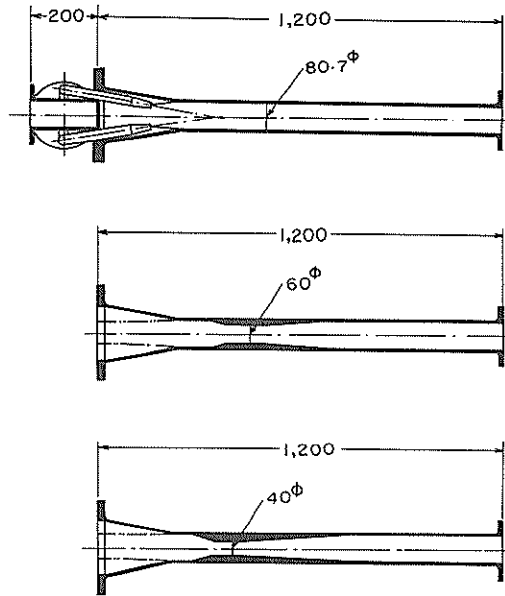


図-2 供試エゼクタの形状

表-1 エゼクタ各部の諸元

のど部		ノズル			面積比	
直径 (mm)	面積 A_d (cm^2)	直径 (mm)	面積 A_j (cm^2)	流量係数 (C_v)	A_j/A_d	A_d/A_e
40	12.57	6φ × 2	0.566	0.95	0.045	0.246
		8φ × 2	1.005		0.080	
		10φ × 2	1.571	0.96	0.125	
		12φ × 2	2.262		0.180	
60	28.27	6φ × 2	0.566	0.95	0.020	0.553
		8φ × 2	1.005		0.036	
		10φ × 2	1.571	0.96	0.056	
		12φ × 2	2.262		0.080	
80.7	51.15	6φ × 2	0.566	0.95	0.011	1.000
		8φ × 2	1.005		0.020	
		10φ × 2	1.571	0.96	0.031	
		12φ × 2	2.262		0.044	

備考

吐出口径 $D = 80.7 \text{ mm}$

吐出口面積 $A_e = 51.15 \text{ cm}^2$

3.3 供試砂

供試砂は、茨城県足洗産の川砂で、真比重2.651、間隙比0.81、粒径は0.4~2mm(粗砂)の範囲にある。
(粒度分布は文献-2, 15ページ参照)

4. 実験の範囲とその結果

4.1 実験の範囲

エゼクタによる揚砂実験装置を使用して、つぎの範囲について実験を行なった。

- ノズル入口の駆動水の圧力 $P_i = 2 \sim 20 \text{ Kg/cm}^2$
- 吐出土砂水の比重量 $\gamma_e = 1.0 \text{ (清水)} \sim 1.3 \text{ t/m}^3$
- 吸込速度 $V_s = 2 \sim 5 \text{ m/s}$
- ノズル口径 $D_j = 6, 8, 10, 12 \text{ mm}$ (各2本)
- のど部直径 $D_t = 40, 60, 80.7 \text{ mm}$
(80.7mmはのど部および広がり管無し)

4.2 加圧係数の測定結果

実験により、加圧係数として図-3に示すような結果が得られた。図より、面積比 A_d/A_e と加圧係数 C_p の関係は、次式で表わされる。

$$C_p = 0.4 A_d/A_e + 0.6 \dots\dots\dots (4.1)$$

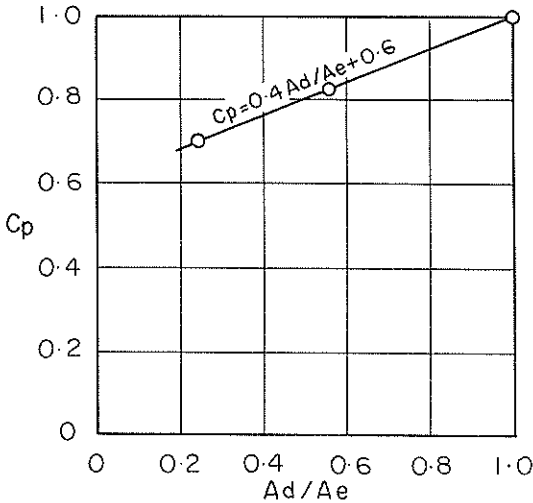


図-3 加圧係数の測定値

図よりあきらかなように、加圧係数は主としてのど部と吐出口の面積比 A_d/A_e によって固有の値をとり、今回の実験の範囲では、ノズルの面積 A_j の影響は無視できる程度に小さく、ノズルの面積が大きくなるにつれて、加圧係数の値がわずかに小さくなる傾向が認められる程度である。また、吸込速度、吐出土砂水の比重量についても、加圧係数の大きな変化は認められなかった。

5. 設計図表の作成

5.1 設計図表の作成範囲

設計図表は駆動圧力を除き、ほぼ実験の範囲内について作成した。図表の作成範囲と実験の範囲を比較すると表-2のとおりである。

図表に示したエゼクタの揚砂揚程 H_s および揚砂効率 Y_s は、式(2.1)、式(2.3)を使用し、加圧係数 C_p は、式(4.1)によった。また、エゼクタ各部の寸法比は、つぎのように設定した。

$$\left. \begin{array}{l} L_s/D=2.5 \\ L_e/D=7.5 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (5.1)$$

ここに

- L_s : エゼクタの吸込部長さ
- L_e : エゼクタの吐出部長さ
- D : エゼクタの口径

その他、諸係数、比重量等については、表-2を参照されたい。

表-2 設計図表の作成範囲と実験範囲

	図 表	実 験	備 考
吸 込 (吐出) 土 砂 水 比 重 量	$G_s=1.1\sim 1.4 t/m^3$	$\gamma_e=1.0\sim 1.3 t/m^3$	G_s : 吸 込 γ_e : 吐 出
面 積 比	$A_j/A_d=0\sim 0.1$ $R_a=0.2\sim 1.0$	$A_j/A_d=0.011\sim 0.180$ $A_d/A_e=0.246\sim 1.0$	$R_a : A_d/A_e$
駆 動 圧 力 土 砂 真 比 重 量 流 量 係 数 管 摩 擦 抵 抗 係 数	$P_j=10\sim 100 Kg/cm^2$ $\gamma_m=2.65 t/m^3$ $C_v=0.955$ $\lambda=0.02$	$P_i=2\sim 20 Kg/cm^2$ $\gamma_m=2.651 t/m^3$ $C_v=0.95\sim 0.96$ $\lambda=0.02$	$P_j=(P_i-P_s)/\gamma_w$

本研究で使用したエゼクタによる揚砂実験装置では、駆動圧力を $20 Kg/cm^2$ 以上に高めることができないので、後掲の設計図表において、駆動圧力が $20 Kg/cm^2$ 以上の範囲については、実験的に確かめられていない。また、駆動圧力が高い場合、加圧係数 C_p はわずかながら低下する傾向が認められるので、エゼクタの設計にあたっては、駆動圧力の高圧部分の設計図表は参考値程度とし、正確な揚程の値は実験によって確かめるなどの充分な注意が必要である。

5.2 エゼクタの標準形式

本設計図表を使用して設計する際の、エゼクタの標準形式を図-4に示す。

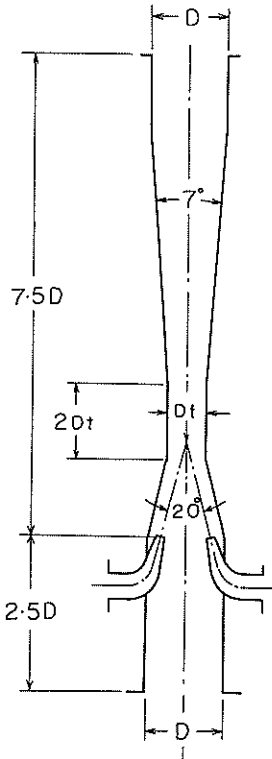


図-4 しゅんせつ用エゼクタの標準形式

ノズル数は2本とし、そのはさみ角は 20 度以下、広がり管の広がり角は $7\sim 8$ 度、エゼクタの全長は吸込口径の 10 倍、のど部の平行部長さは、のど部直径の 2 倍とする。図表は、吸込口径と吐出口径が等しいものとして作成してあるが、土砂水の吐出速度が過大になるおそれのある場合は、吐出口径を大きくして吐出速度を低下させても、エゼクタの性能が低下するおそれはない。

5.3 揚程と効率の傾向

本報告書では、同一作動条件における揚砂エゼクタの揚程と効率を1枚の図表に表示して、相互の比較を容易に行なえるようにした。エゼクタの設計にあたっては、作動点を効率最大の点に近づけることも重要な要素の一つとなるので、エゼクタ各部の面積比、作動状態と効率の関係について、作成された設計図表をもとに、その傾向を調べてみよう。表-3に比較の結果を示す。

表-3 揚程と効率の傾向

変化の方向	揚程 (H_s)	効 率 (Y_s)
吸込土砂水の 比重量 $G_s \rightarrow$ 大	低 下	高くなる。
吸 込 速 度 $V_s \rightarrow$ 大	低 下	P_j (高圧) 変化は少ない P_j (低圧) 低くなる
面 積 比 $R_a \rightarrow$ 大 (A_d/A_e)	低 下	低くなる。
$A_j/A_d \rightarrow$ 大	上 昇	$A_j/A_d=0.05$ 前後に効率の最大値、 A_j/A_d がそれより小さいところでは急激に、大きいところでは除々に効率は低くなる。
駆 動 圧 力 $P_j \rightarrow$ 大	上 昇	$P_j=10\sim 20 Kg/cm^2$ 前後のところは効率の最大値、 P_j がそれより低い圧力では急激に、高い圧力では除々に効率は低くなる。 面積比 R_a が小さいほど、 P_j の高いところで効率の最大値が得られる。

表よりあきらかなように、一般的には設計条件の1個を変えて効率 Y_s を大きくしようとすれば、揚程 H_s が低下する傾向を示す場合が多い。面積比 $Ra(=Ad/Ae)$ については、実験的には Ra を小さくすると加圧係数 Cp が小さくなるので、一見不利なように見えるが、設計図表により比較してみると、 Ra を小さくするほど揚程、効率ともに上昇していることから、 Ra はある程度小さい値を使用する方が有利であることがわかる(ただし、のど部を通過する土砂水の速度 Vd が大きくなるので、のど部の摩耗の面では不利となる)。また効率は、いずれも設計図表内に最大値をもっているため、設計にあたっては、他の設計条件も充分検討したうえで、エゼクタの作動点をこの点に近づけるよう心がけるべきである。

つきに駆動圧力 Pj と効率 Y_s との関係について調べてみよう。図表よりみて、駆動圧力が $10\sim 20\text{kg/cm}^2$ 前後のときに効率の最大値が得られ、圧力がそれより高くても低くても効率は低下する。また前にも述べたとおり、駆動圧力を高くすると、加圧係数 Cp が小さくなる傾向を示すことも考えあわせて、特に大揚程を必要とするとき以外は、効率などの点から、エゼクタの駆動圧力はあまり高くしない方がよい。

6. あとがき

しゅんせつ用エゼクタの設計にあたっては、設計条件として、吸込土砂水の比重量 γ_s (または含泥率)、吸込速度 Vs 等を与えて、エゼクタ各部の面積比 $Ra(=Ad/Ae)$ および、 Aj/Ad 、駆動圧力 Pj 等を求めるのが一般的な方法であろう。本報告書では、主として面積比とエゼクタの流量・加圧特性を実験的に解明し、設計図表を作成した。本図表の使用により、駆動圧力 Pj の高圧部分を除いて、実用範囲ではほぼ全面的に、しゅんせつ用エゼクタの設計が可能である。今回は実験施設の関係で、駆動圧力の高圧部分のエゼクタの揚砂特性を確認することができなかったが、今後、室内実験ならびに実船試験等により、より正確な設計図表を早急に完成させたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 守口、藤井：揚砂エゼクタの設計について、港湾技研資料、*№108*、1970年12月
- 2) 守口、藤井：揚砂エゼクタの特性について、港湾技研資料、*№92*、1969年12月
- 3) 守口、藤井：エゼクタとうず巻ポンプの直列運転性能について、港研報告、第7巻3号、1968年9月
- 4) 守口、藤井：水噴射エゼクタ設計数表、港湾技研資料、

№44、1968年3月

- 5) 守口：水噴射エゼクタの設計について、港研報告、第6巻2号、1967年1月
- 6) 松田、近藤：水噴射エゼクタの理論と設計に関する基礎的研究、港研報告、第5巻5号、1966年1月
- 7) 守口：エゼクタの揚水効率について、港研報告、第4巻4号、1965年2月

記 号 表

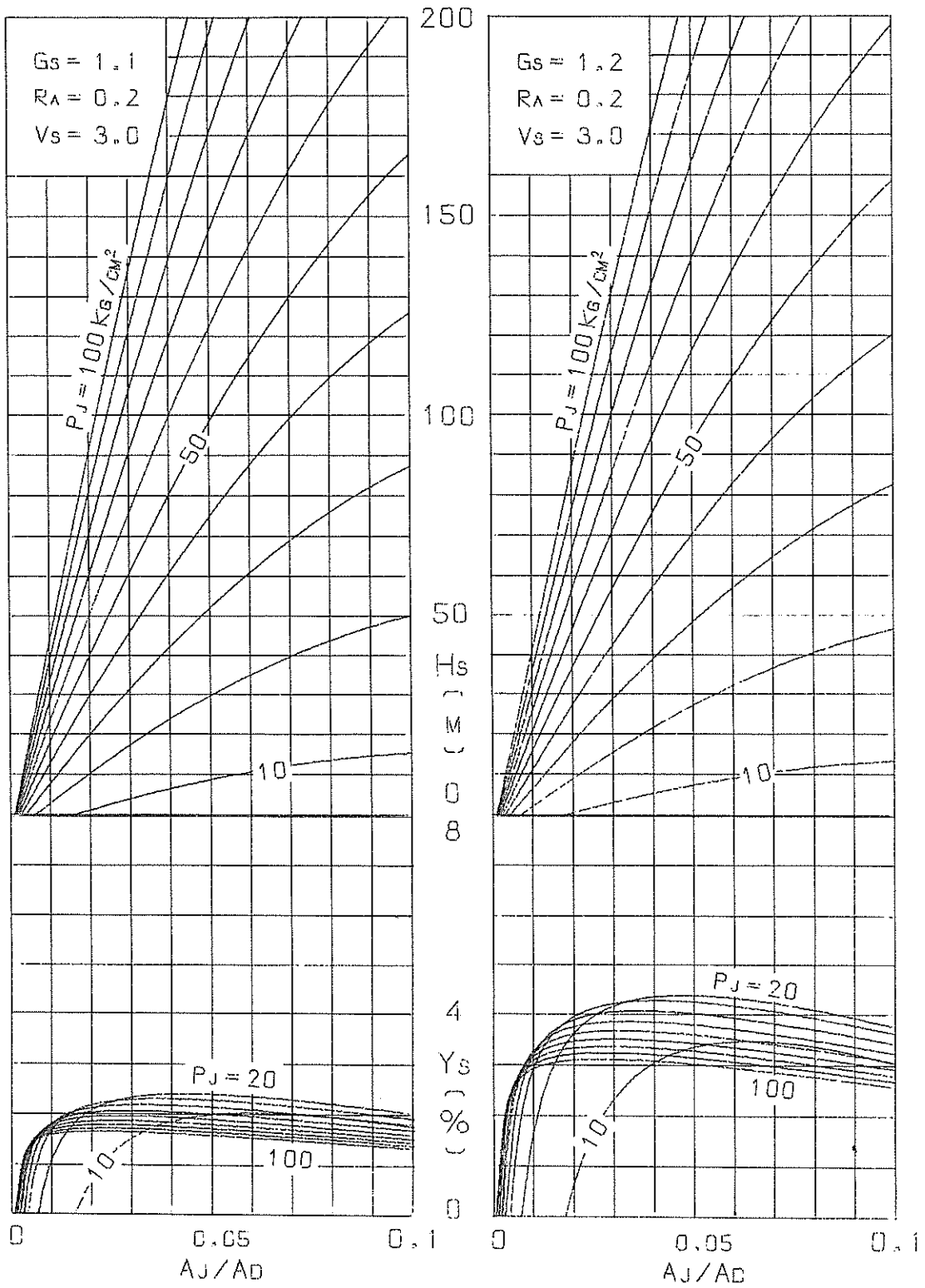
- Ad : のど部の面積
 Ae : エゼクタの吐出口の面積
 Aj : ノズル出口の面積
 Cp : 加圧係数
 Cv : 流量係数
 D : 吸込部および吐出部の口径
 Dj : ノズル口径
 Dt : のど部直径
 G_s : 吸込土砂水の比重量($=\gamma_s$)
 g : 重力の加速度
 Hj : 駆動圧力
 H_s : エゼクタの揚砂揚程
 Le : 吐出部長さ
 Ls : 吸込部長さ
 Pe : エゼクタの吐出圧力
 Pi : ノズル入口の駆動水の圧力
 Pj : エゼクタの駆動圧力
 Pr : エゼクタの吸込圧力
 Ps : ノズル出口の駆動水の圧力
 Qj : 単位時間あたり駆動水量
 Qm : 単位時間あたりの真体積土量
 Ra : 面積比($=Ad/Ae$)
 Vd : のど部を通過する土砂水の速度
 Ve : エゼクタの吐出速度
 Vj : ノズル出口における駆動水の噴出速度
 Vs : エゼクタの吸込速度
 Y_s : エゼクタの揚砂効率
 γ_e : 吐出土砂水の比重量
 γ_m : 土砂の真比重量
 γ_s : 吸込土砂水の比重量
 γ_w : 清水の比重量
 λ : 管摩擦抵抗係数

設 計 図 表

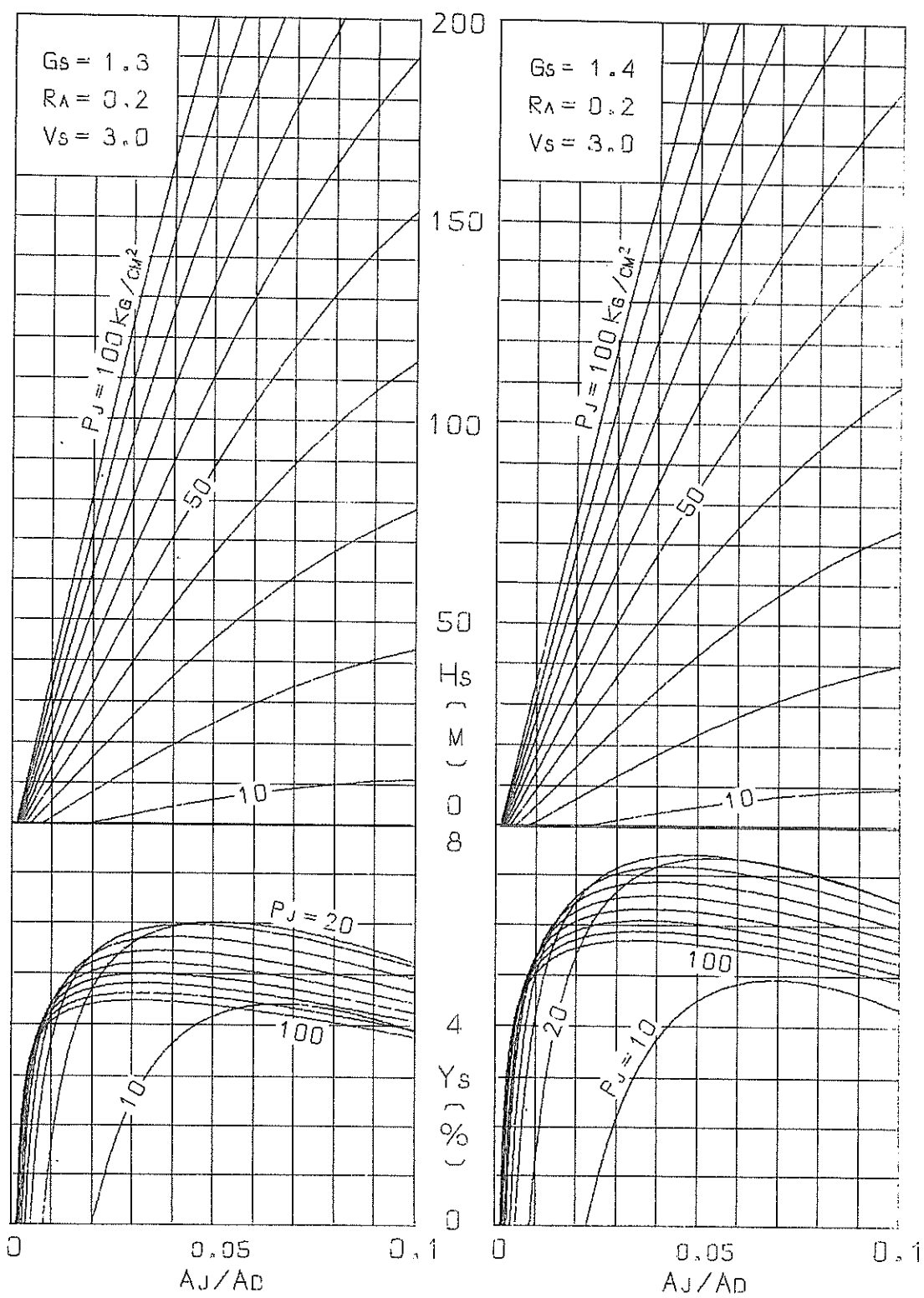
揚程と効率(図表- 1 ~ 10, $V_s = 3 m/s$)	10 ~ 19
揚程と効率(図表- 11 ~ 20, $V_s = 3.5 m/s$)	20 ~ 29
揚程と効率(図表- 21 ~ 30, $V_s = 4 m/s$)	30 ~ 39
揚程と効率(図表- 31 ~ 40, $V_s = 4.5 m/s$)	40 ~ 49
揚程と効率(図表- 41 ~ 50, $V_s = 5 m/s$)	50 ~ 59
揚程と効率(図表- 51 ~ 60, $V_s = 5.5 m/s$)	60 ~ 69
揚程と効率(図表- 61 ~ 70, $V_s = 6 m/s$)	70 ~ 79

付 表

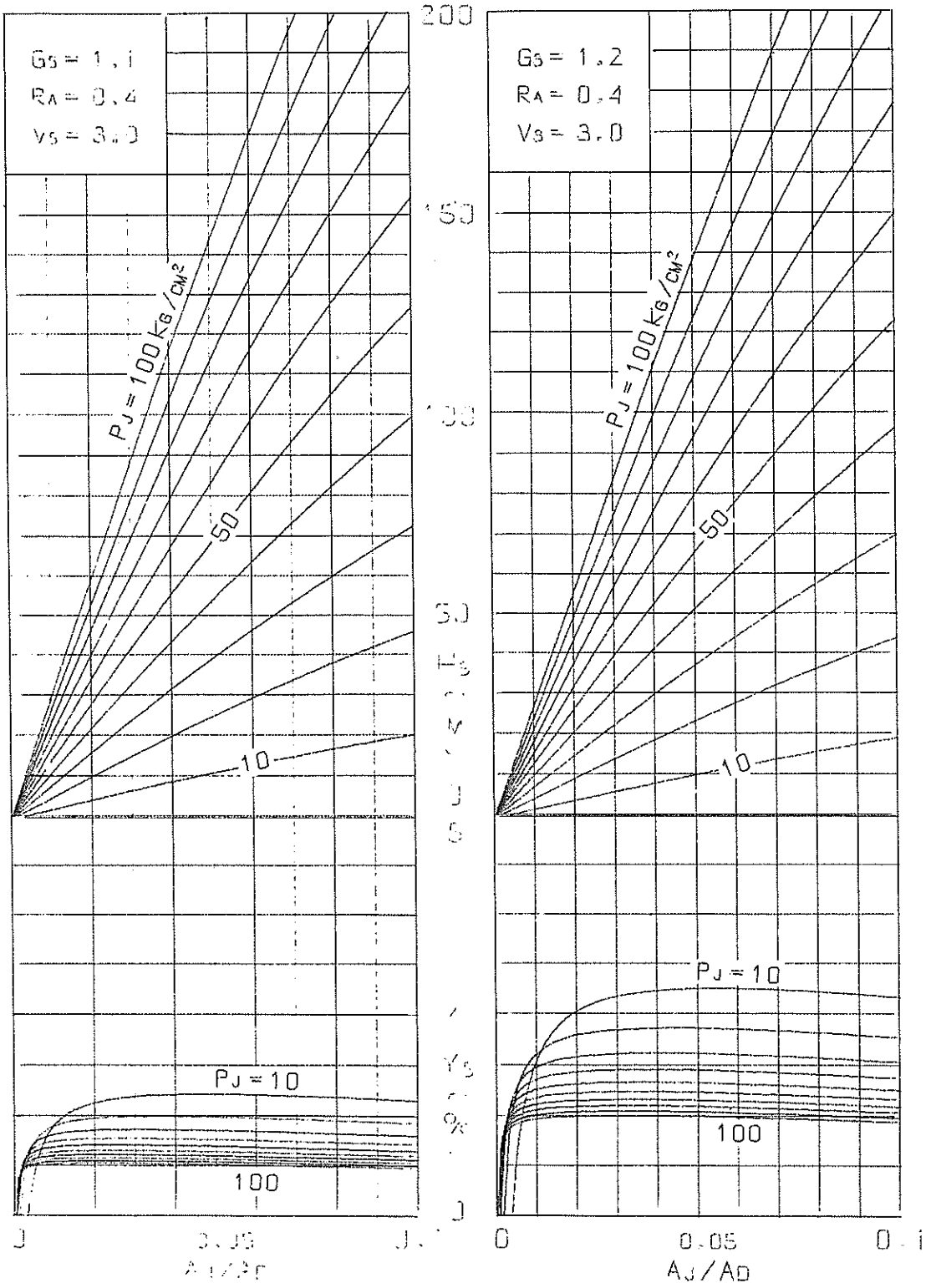
エゼクタ基本係数・ K	80
---------------------	----



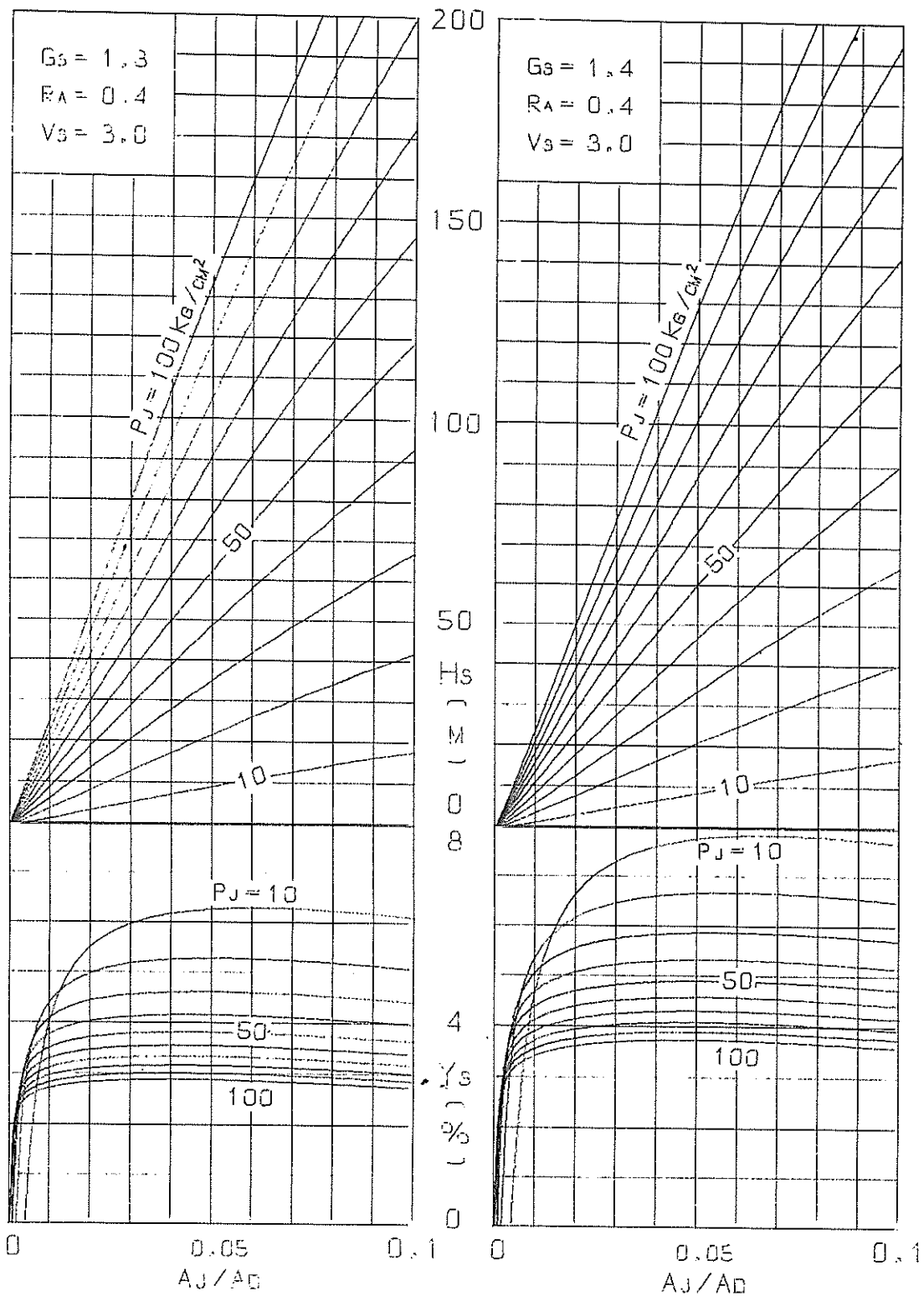
図表-1 揚程と効率 ($V_s = 3m/s$)



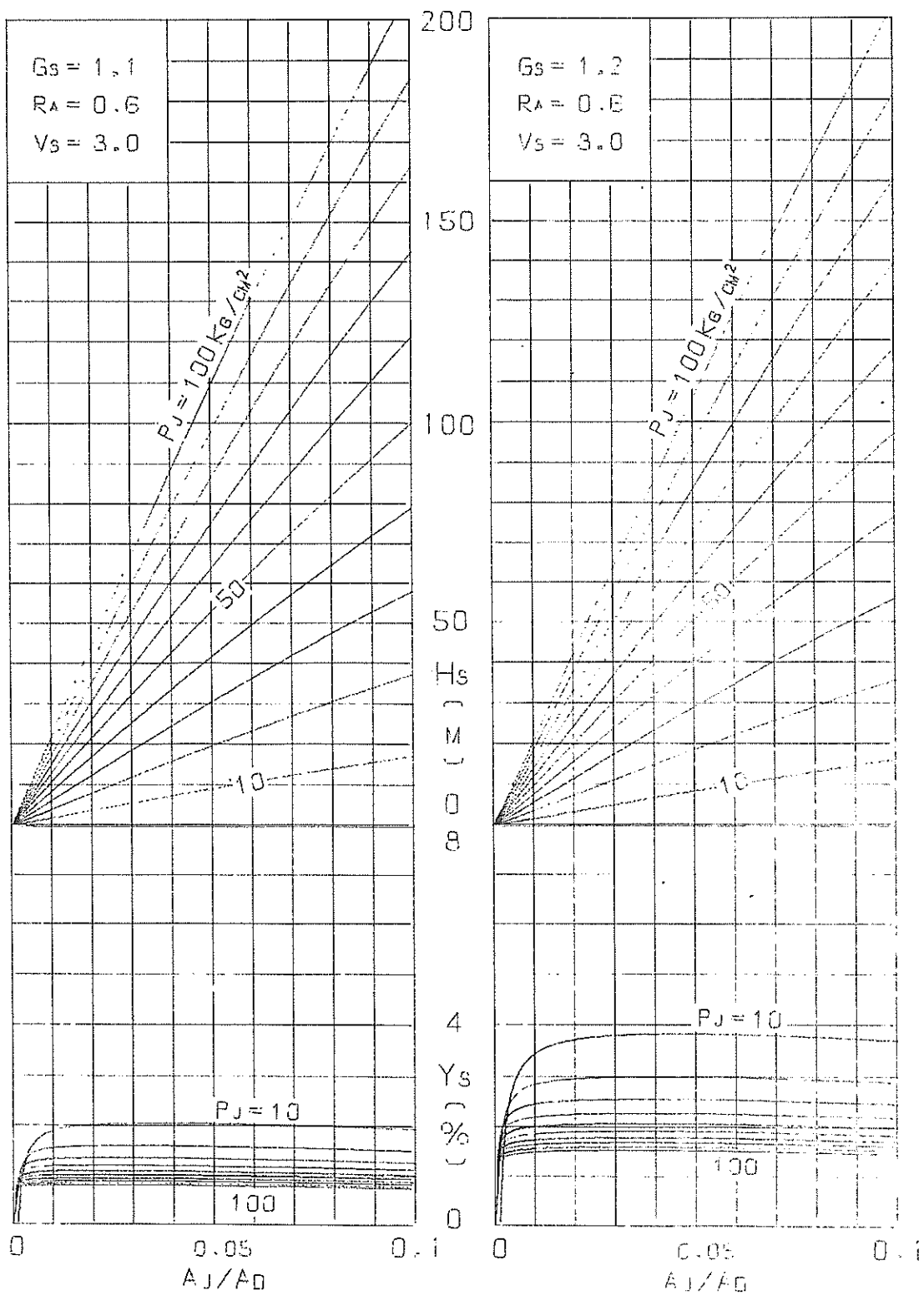
図表-2 揚程と効率 ($V_s = 3 \text{ m/s}$)



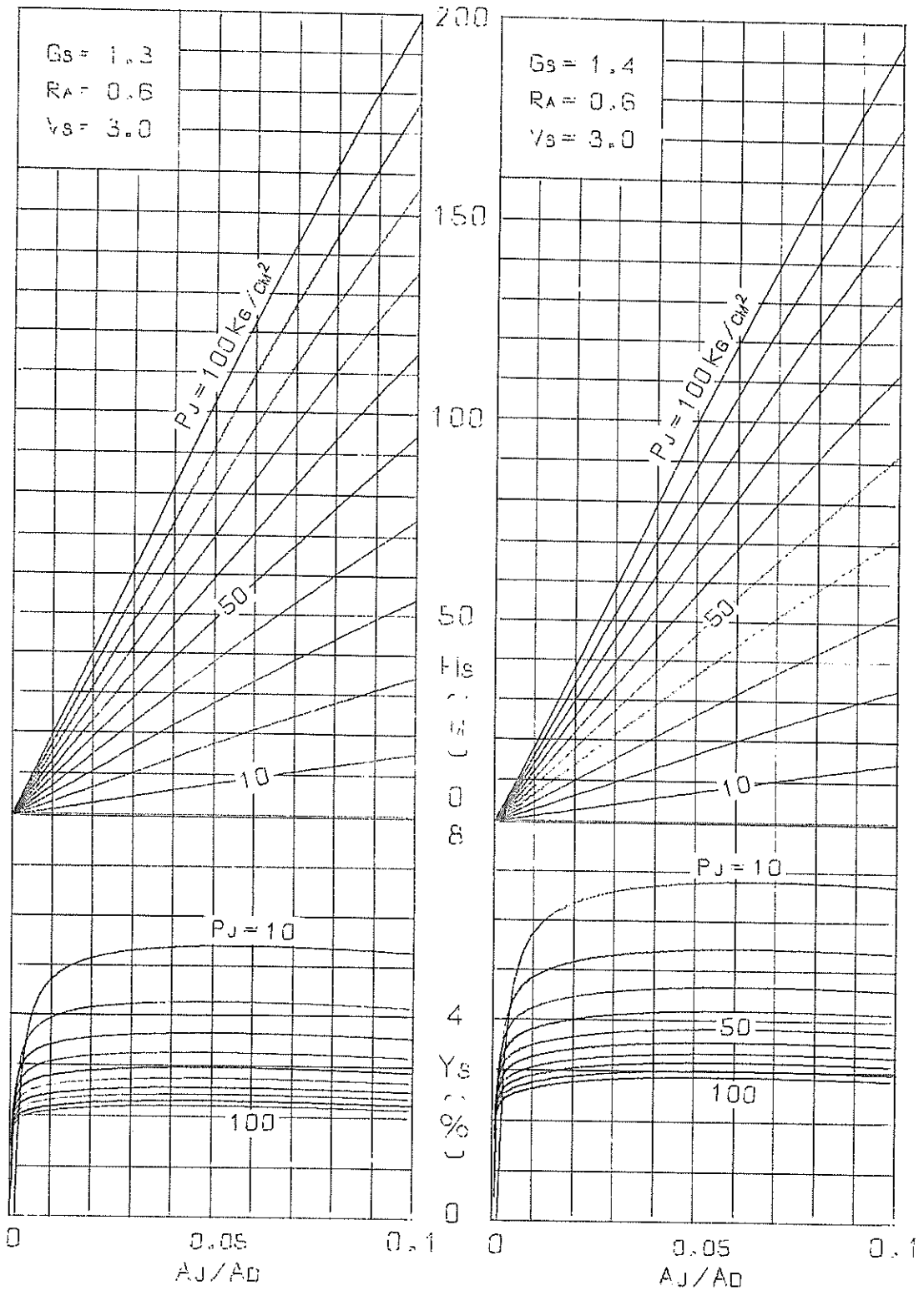
図表-3 揚程と効率 ($V_s = 3 \text{ m/s}$)



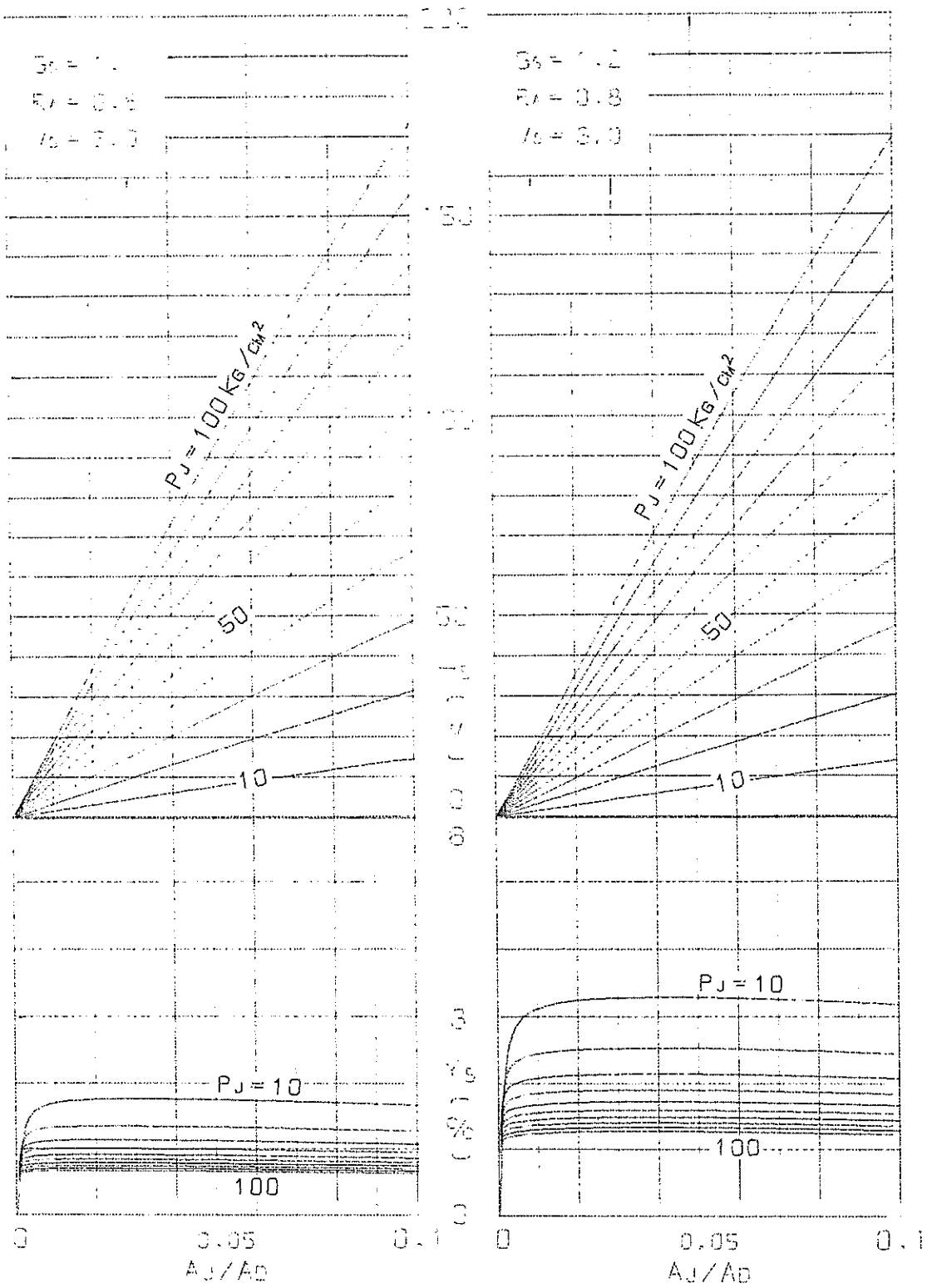
図表-4 揚程と効率 ($V_s = 3 \text{ m/s}$)



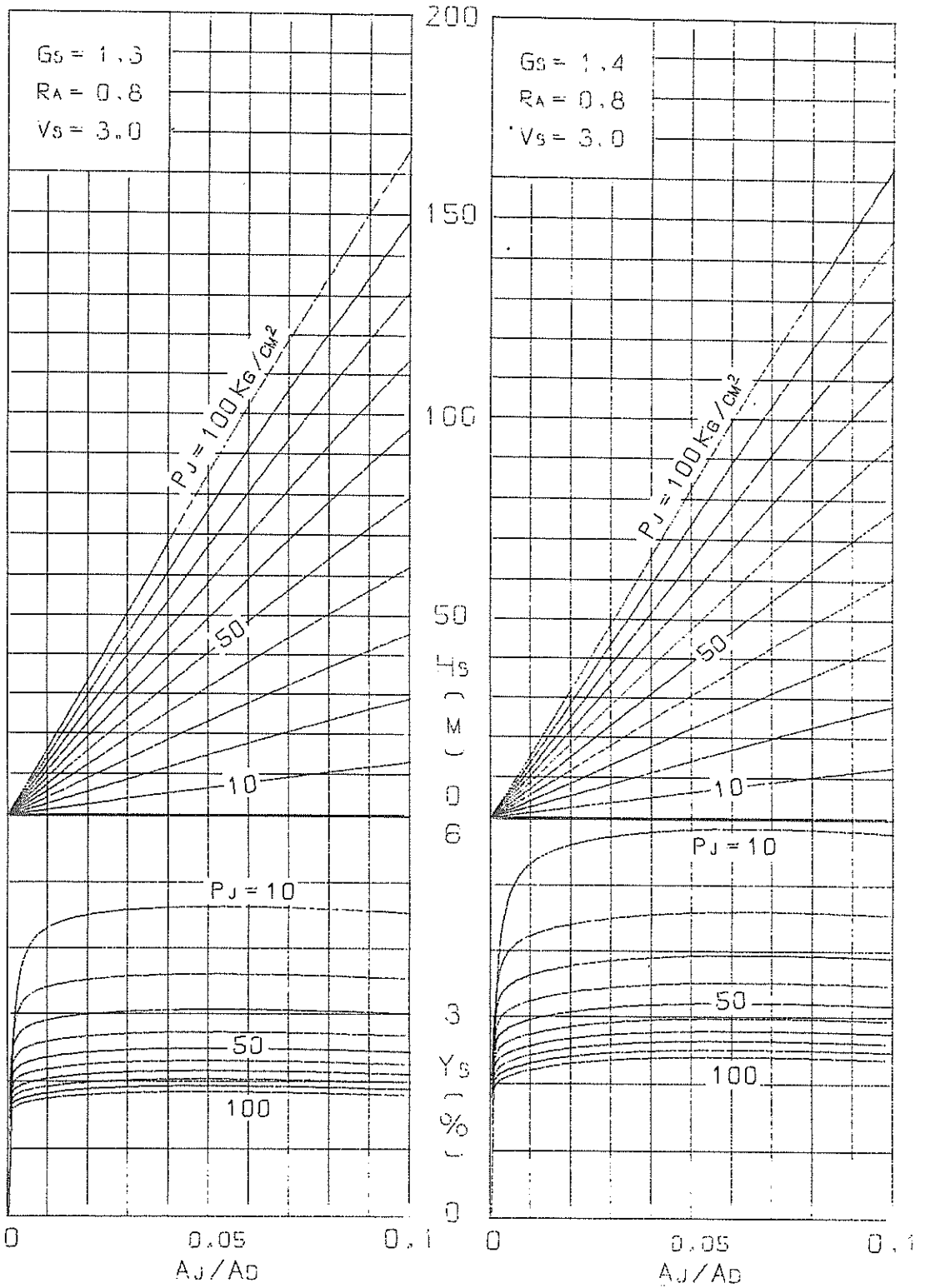
図表-5 揚程と効率 ($V_s = 3m/s$)



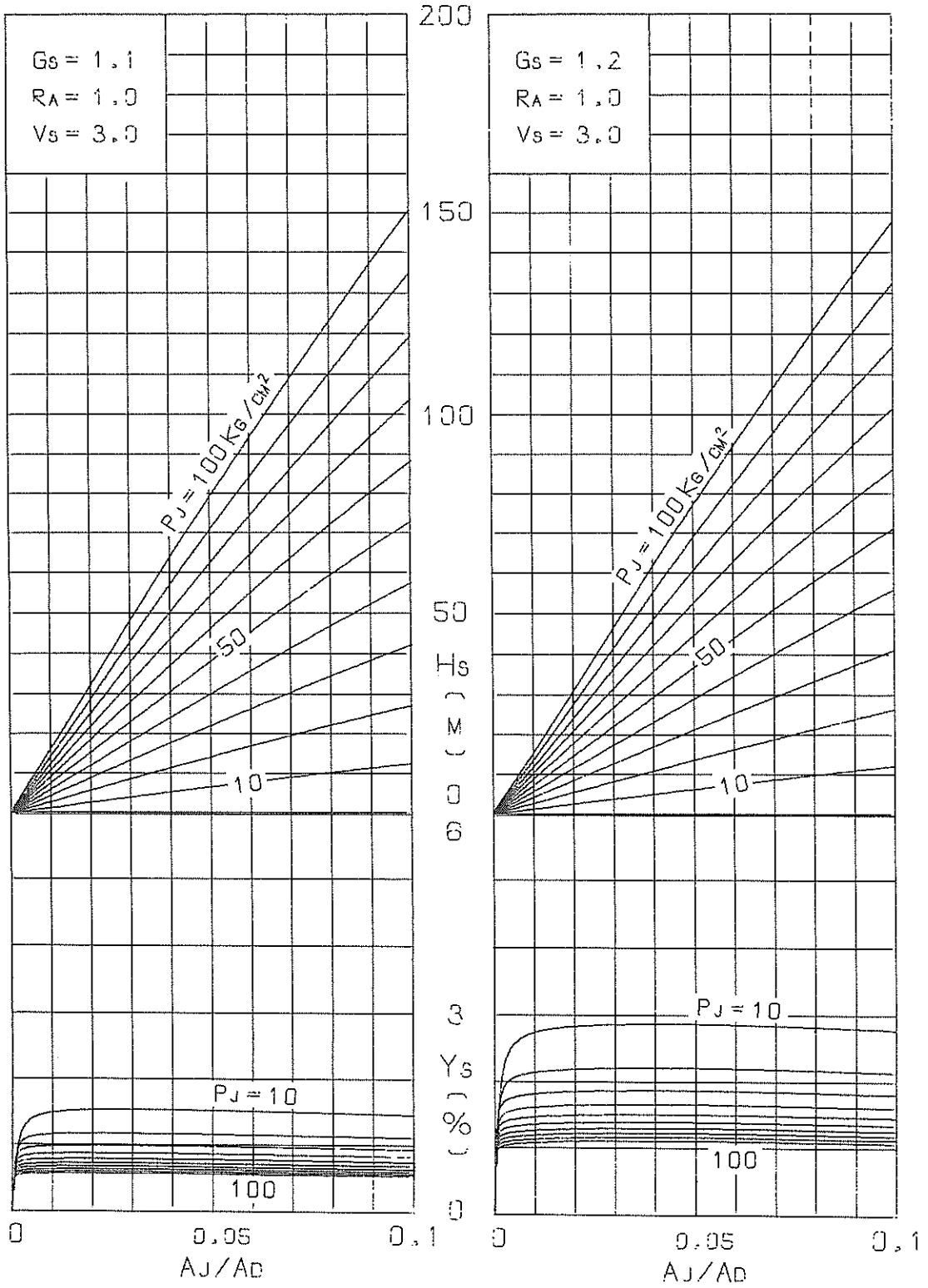
図表-6 揚程と効率 ($V_s = 3 \text{ m/s}$)



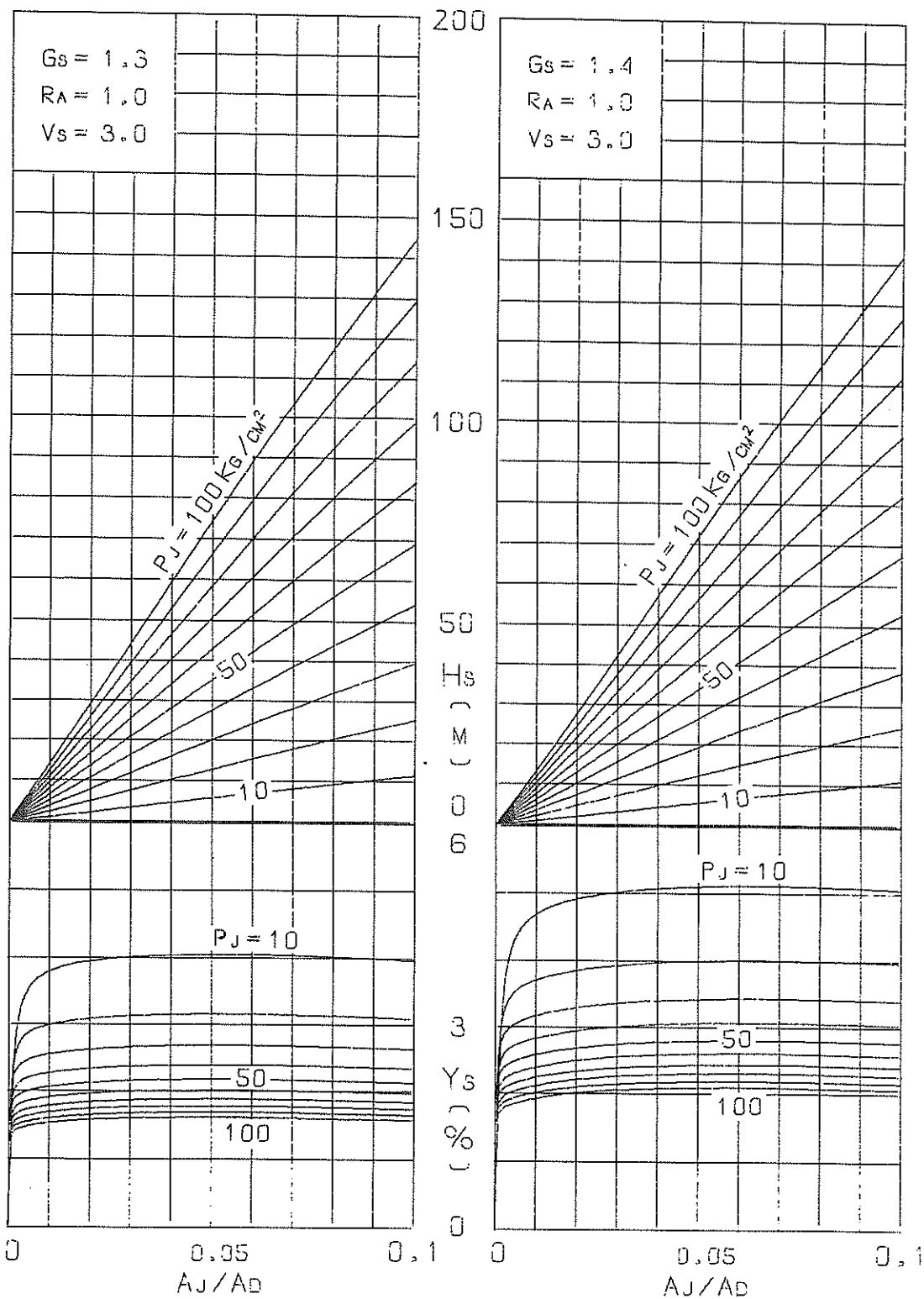
図表-7 揚程と効率 ($V_s = 3 \text{ m/s}$)



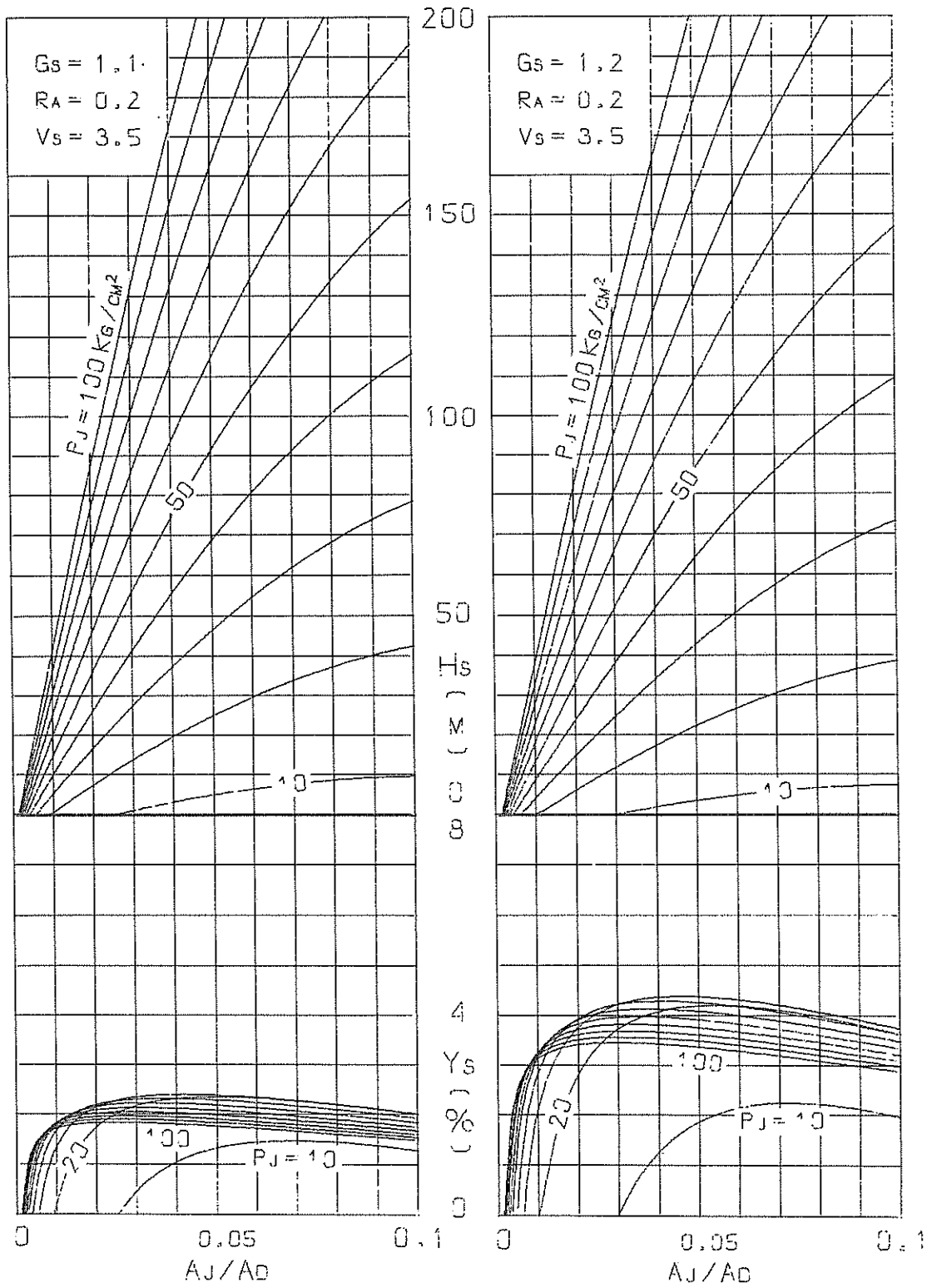
図表-8 揚程と効率 ($V_s = 3 m/s$)



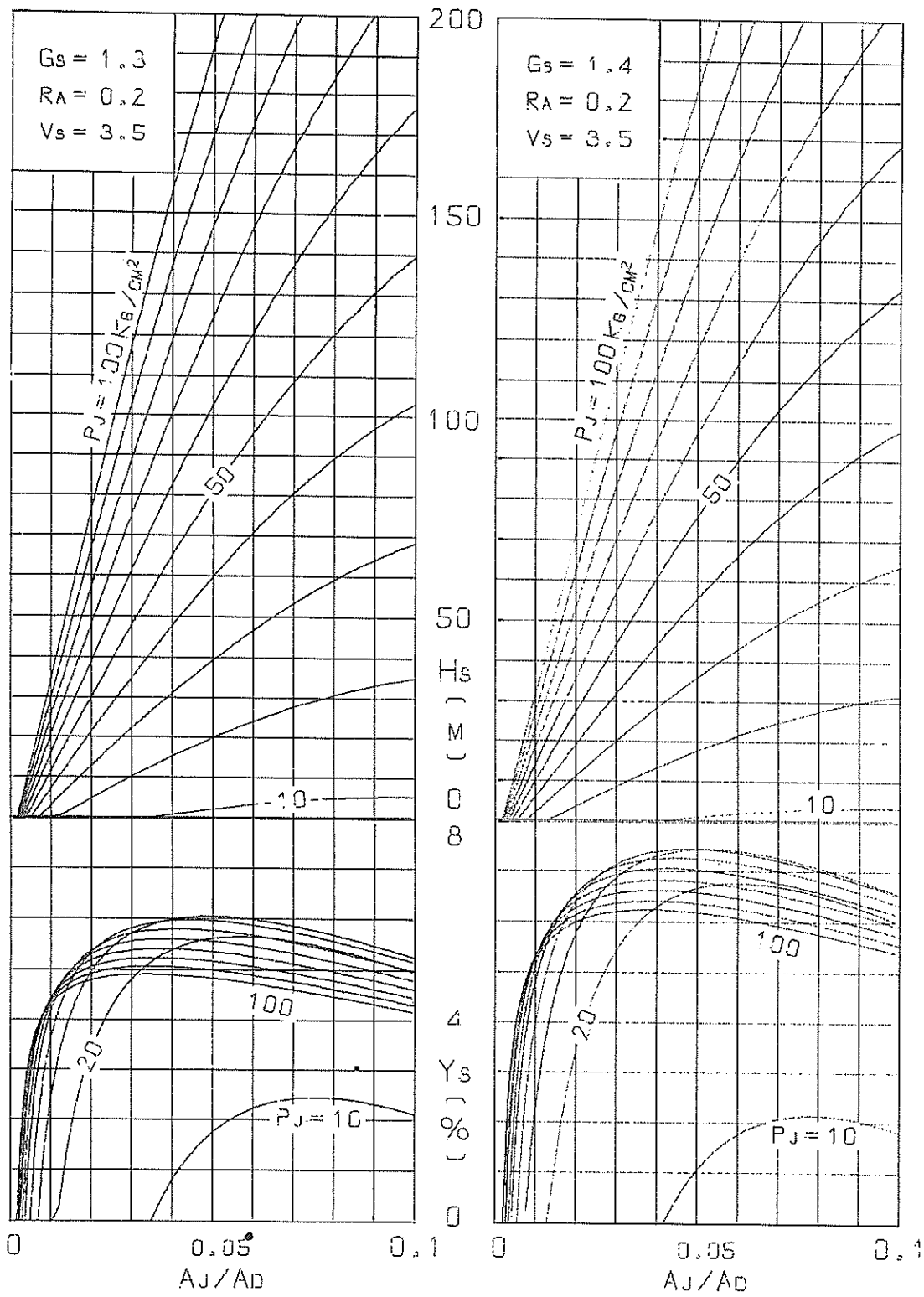
図表-9 揚程と効率 ($V_s = 3 \text{ m/s}$)



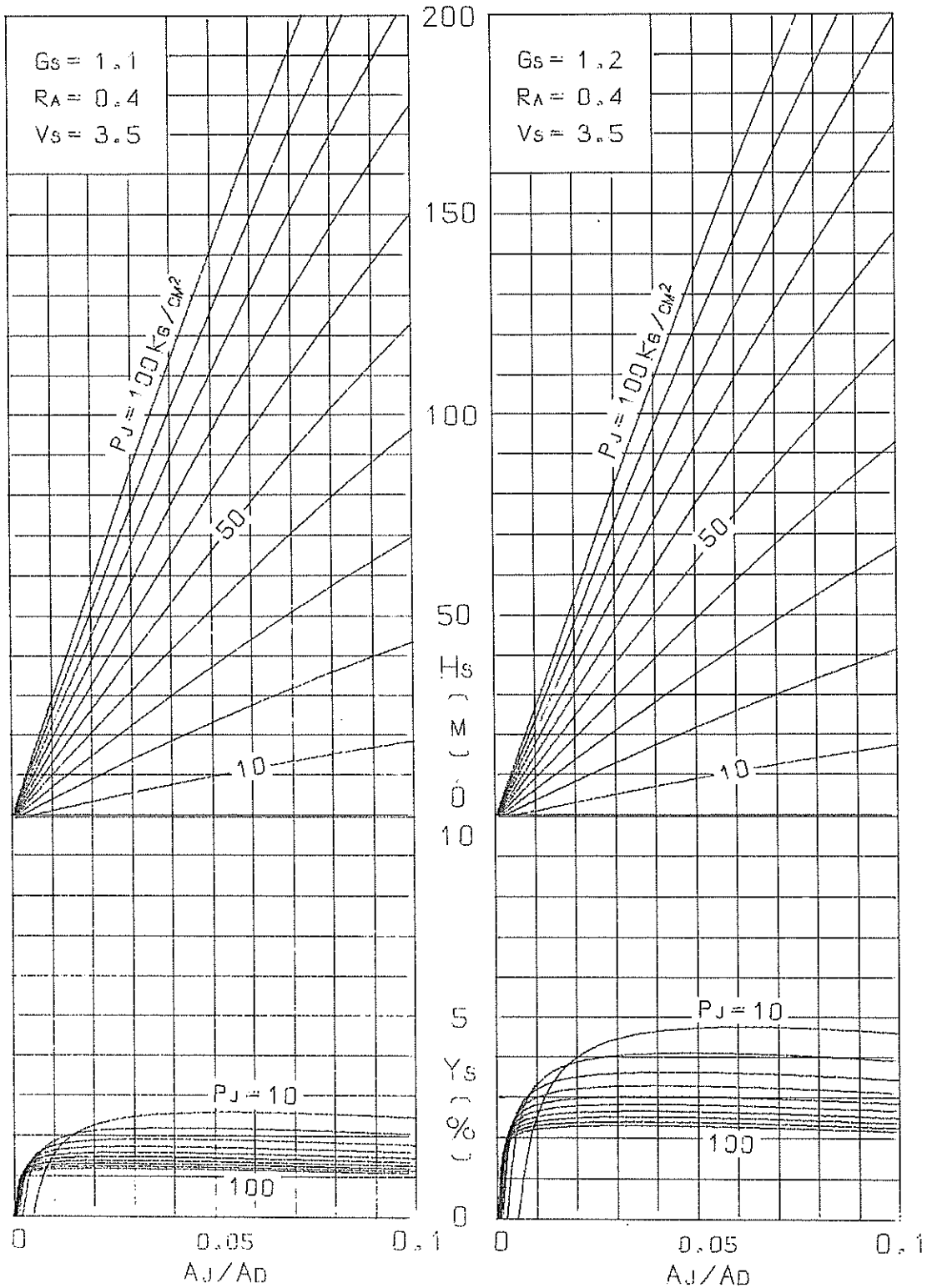
図表-10 揚程と効率 ($V_s = 3 \text{ m/s}$)



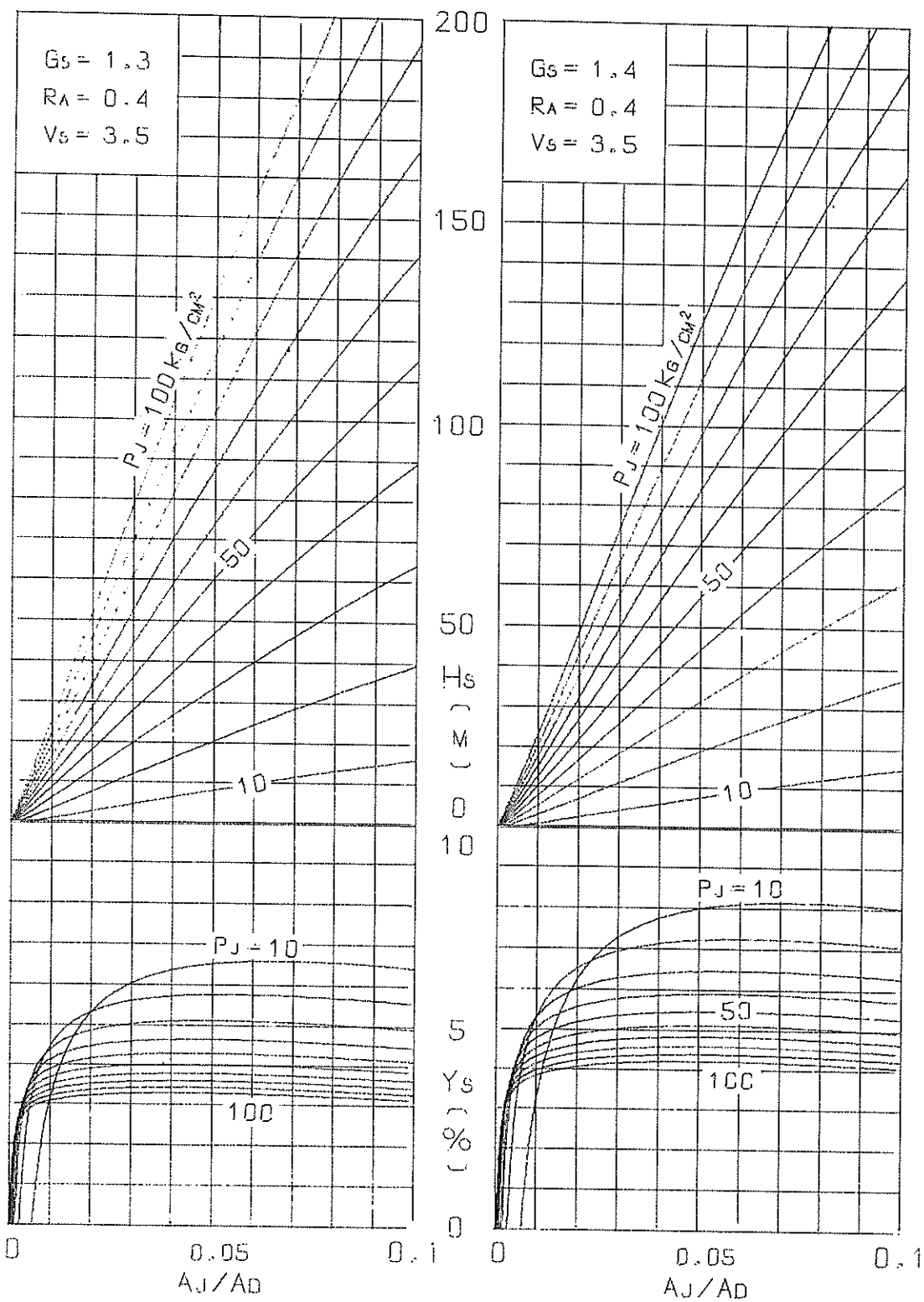
図表 - 11 揚程と効率 ($V_s = 3.5 m/s$)



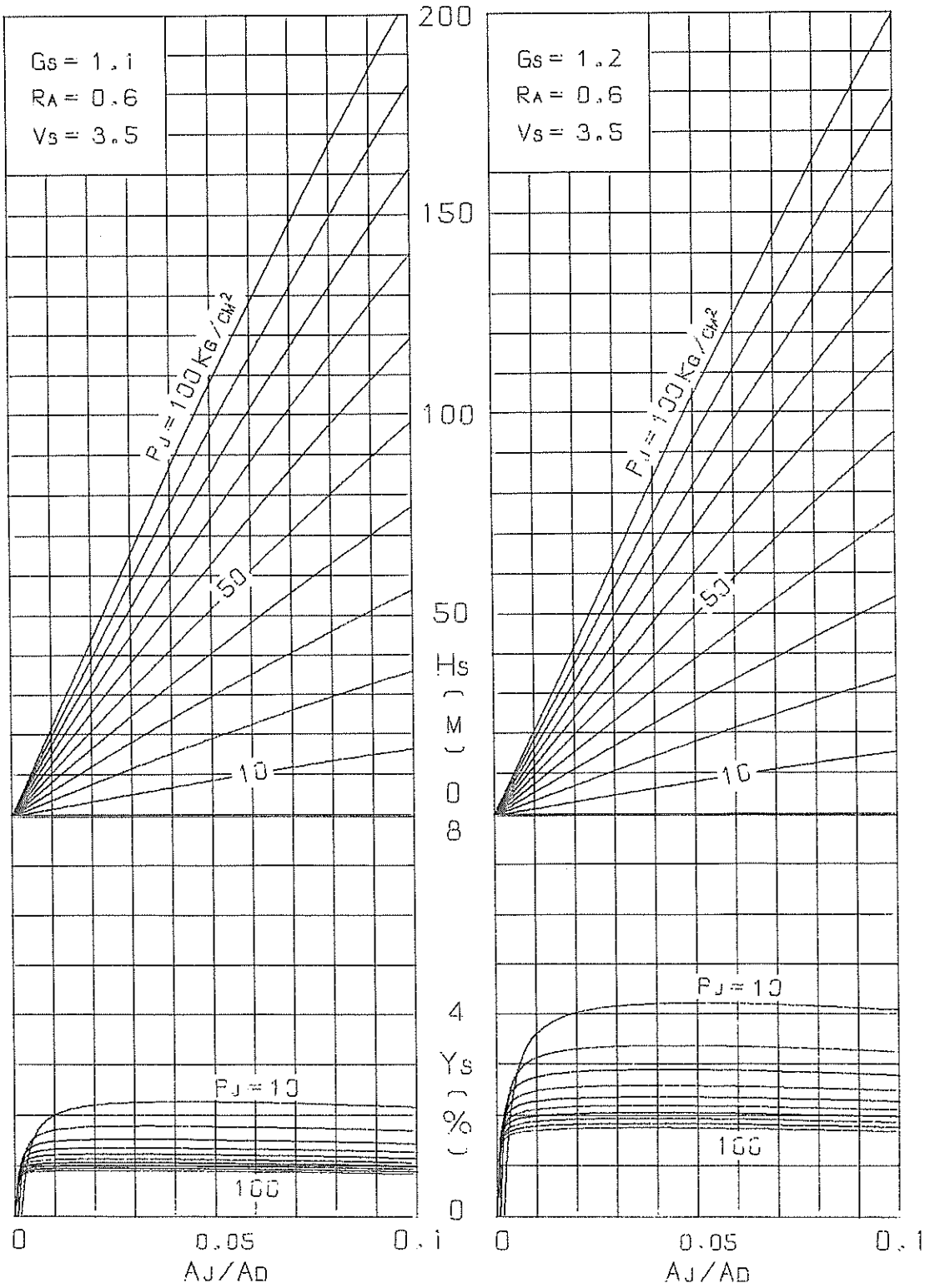
図表-12 揚程と効率 ($V_s = 3.5 \text{ m/s}$)



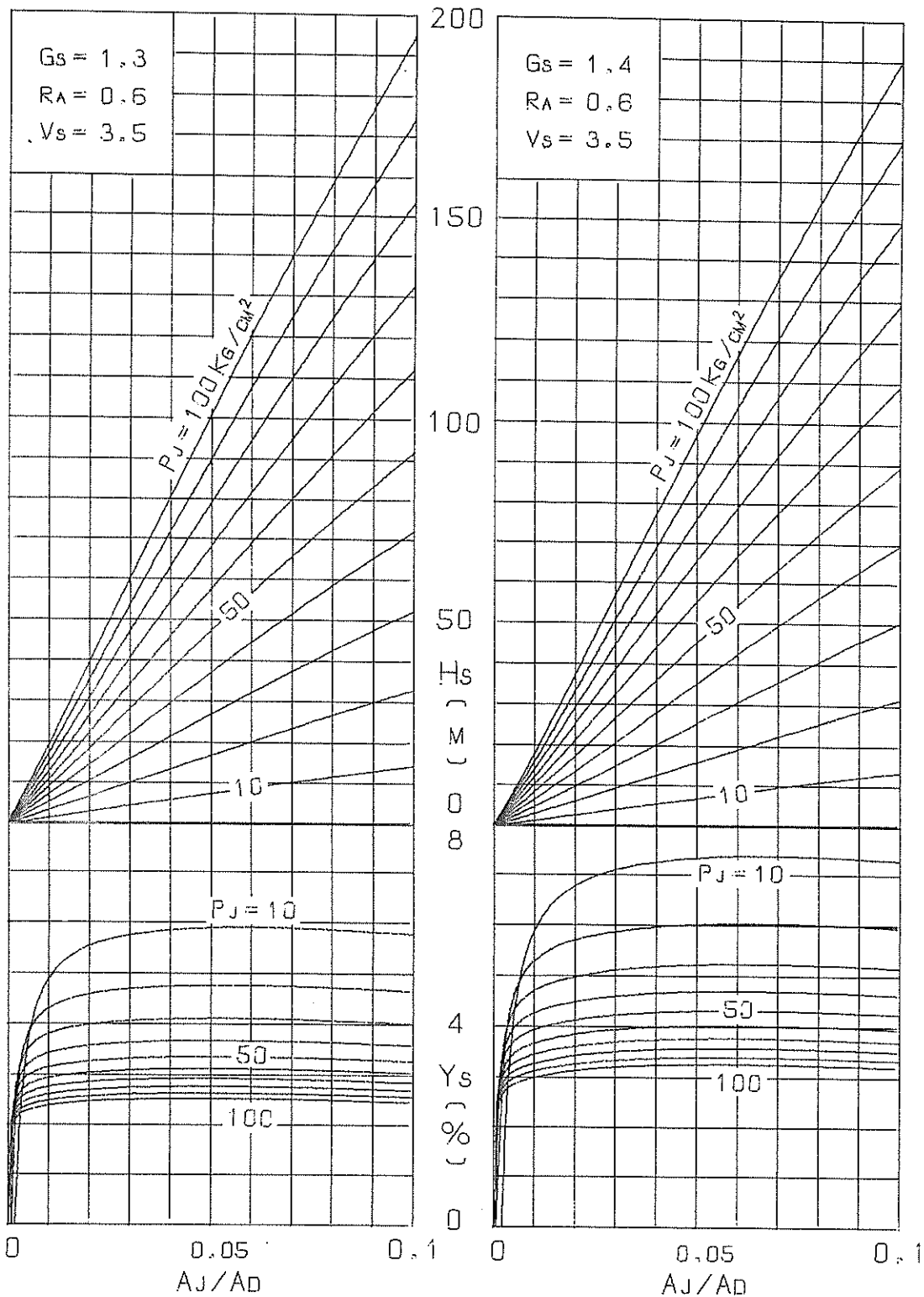
図表-13 揚程と効率 ($V_s = 3.5 \text{ m/s}$)



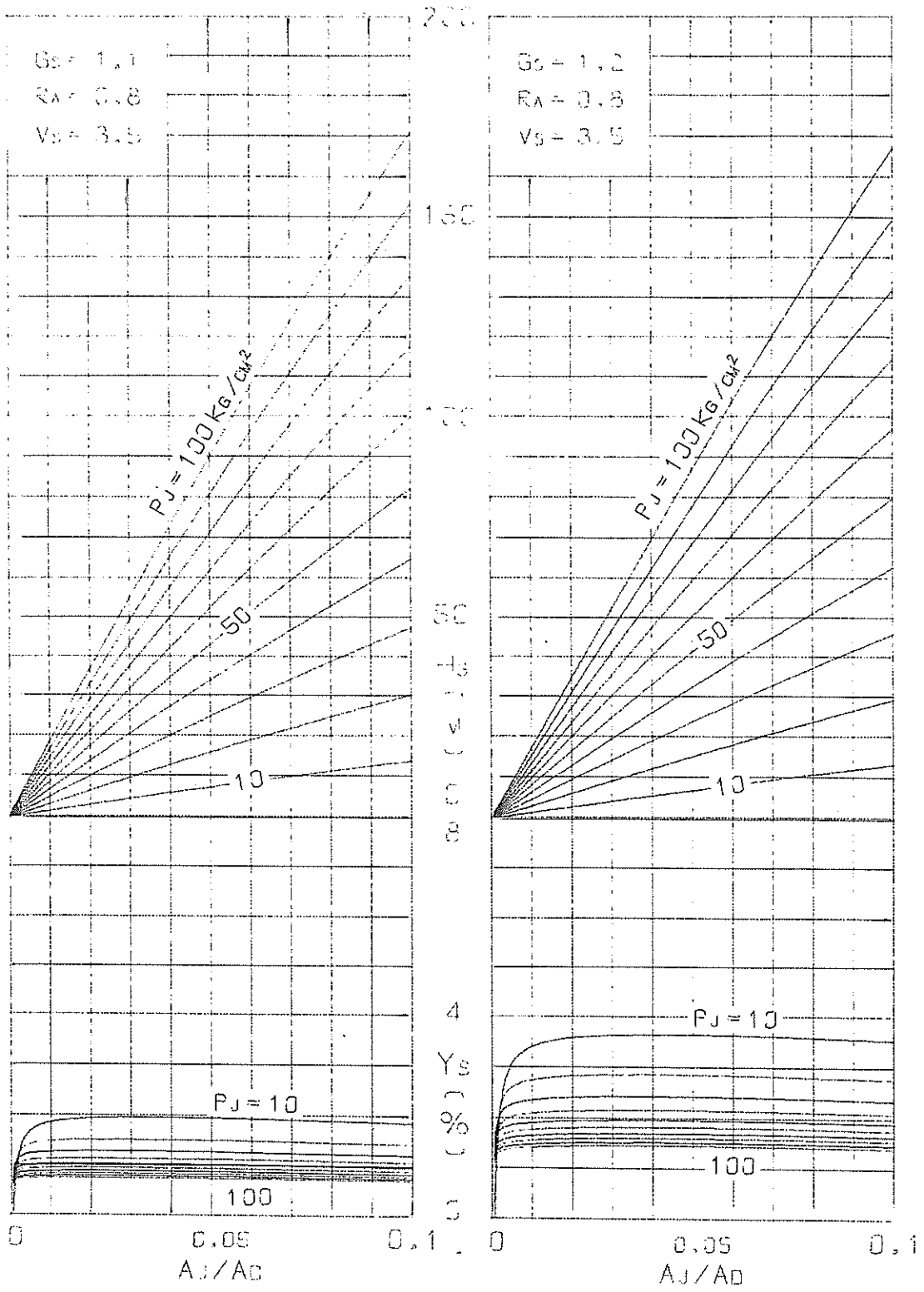
図表-14 揚程と効率 ($V_s = 3.5 \text{ m/s}$)



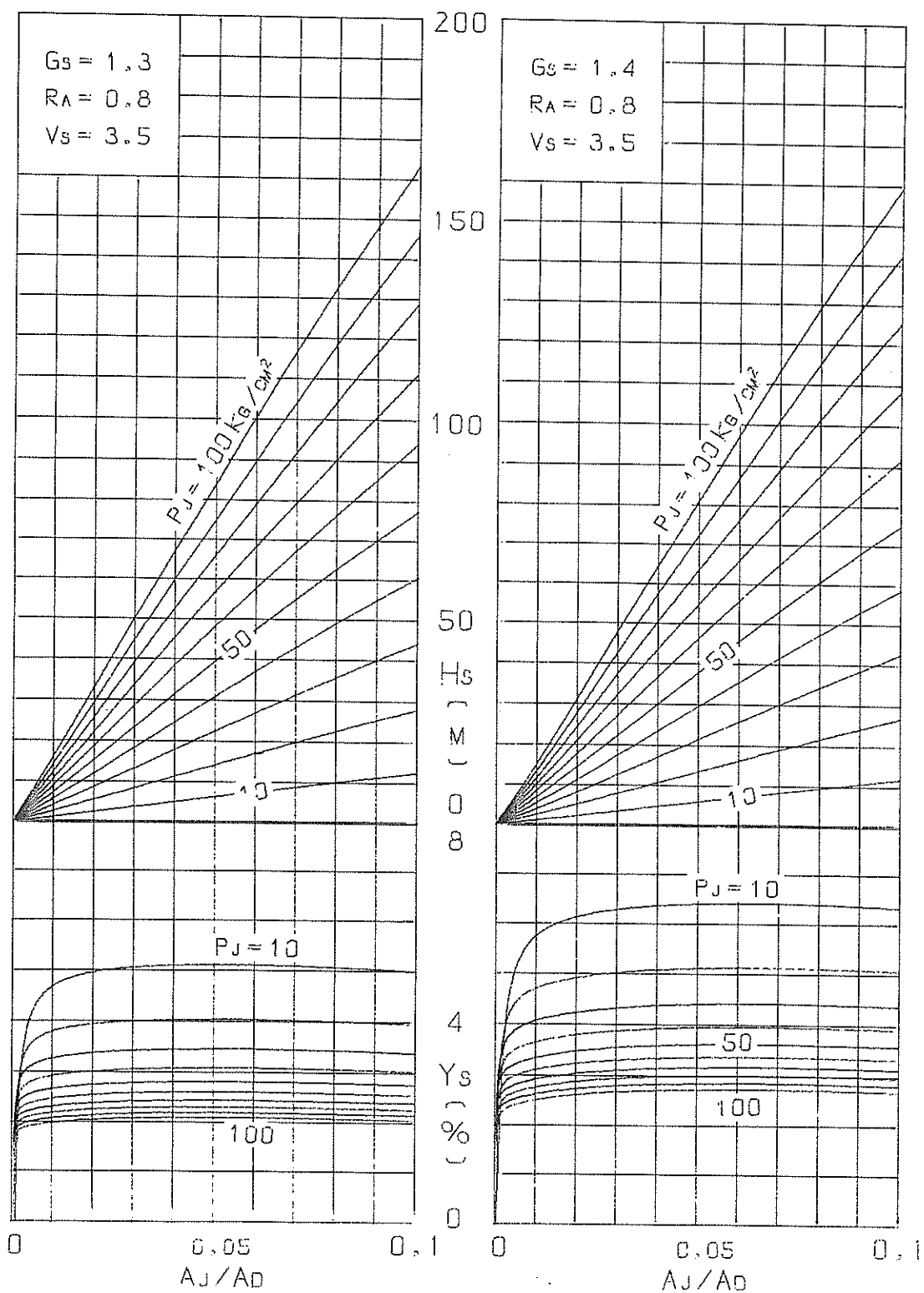
図表-15 揚程と効率 ($V_s = 3.5 \text{ m/s}$)



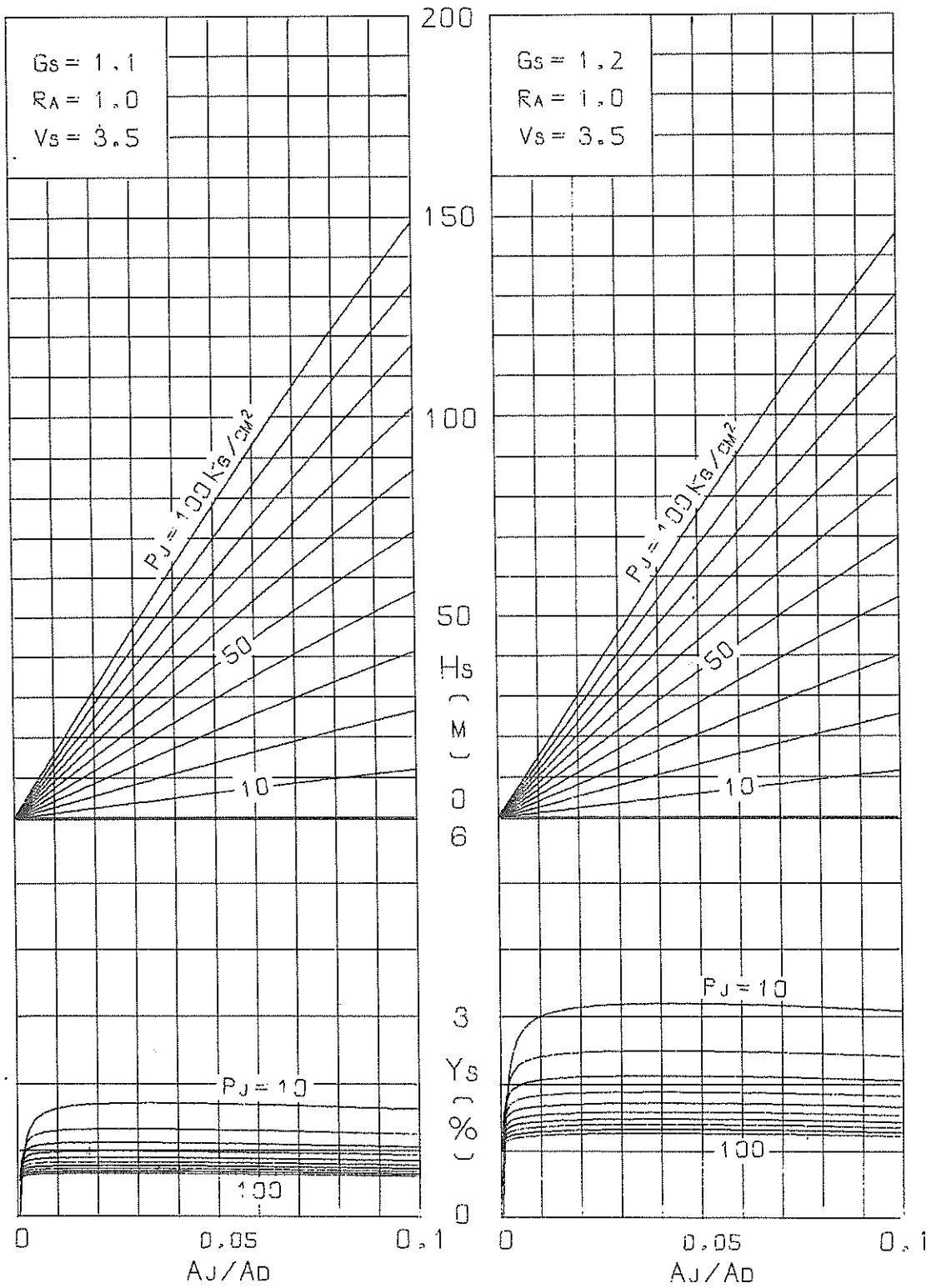
図表-16 揚程と効率 ($V_s = 3.5 \text{ m/s}$)



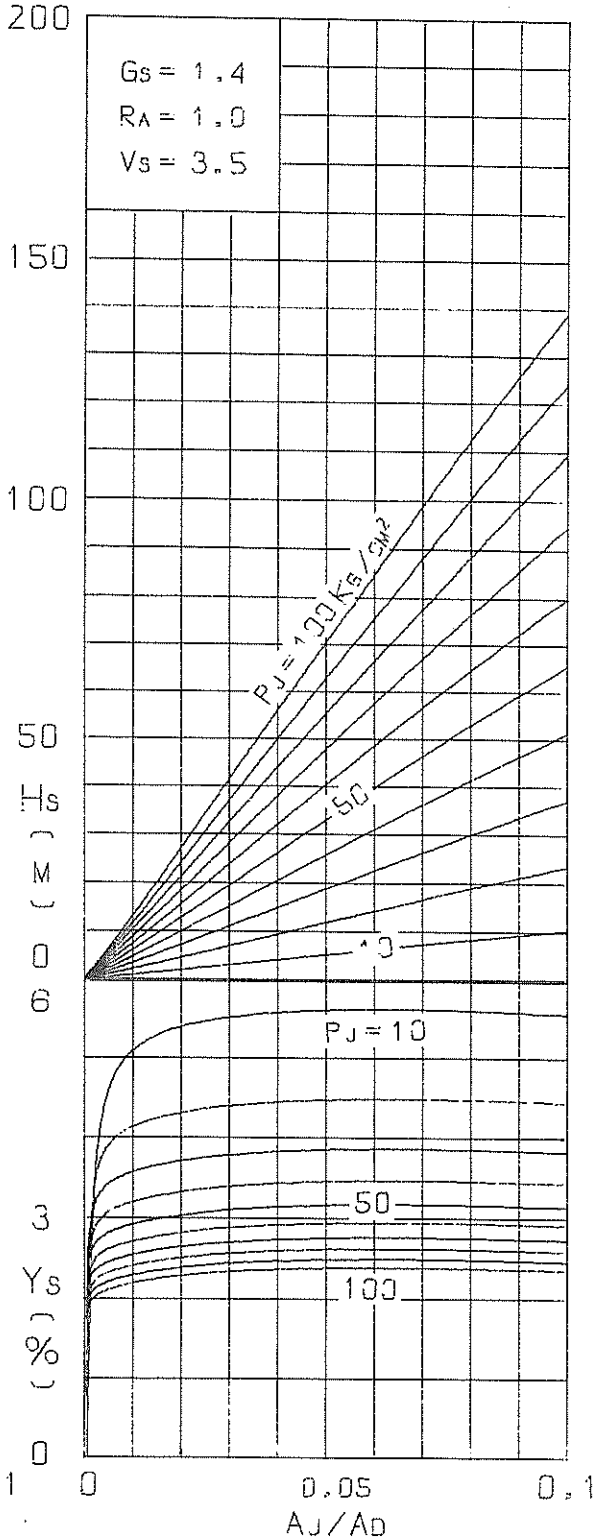
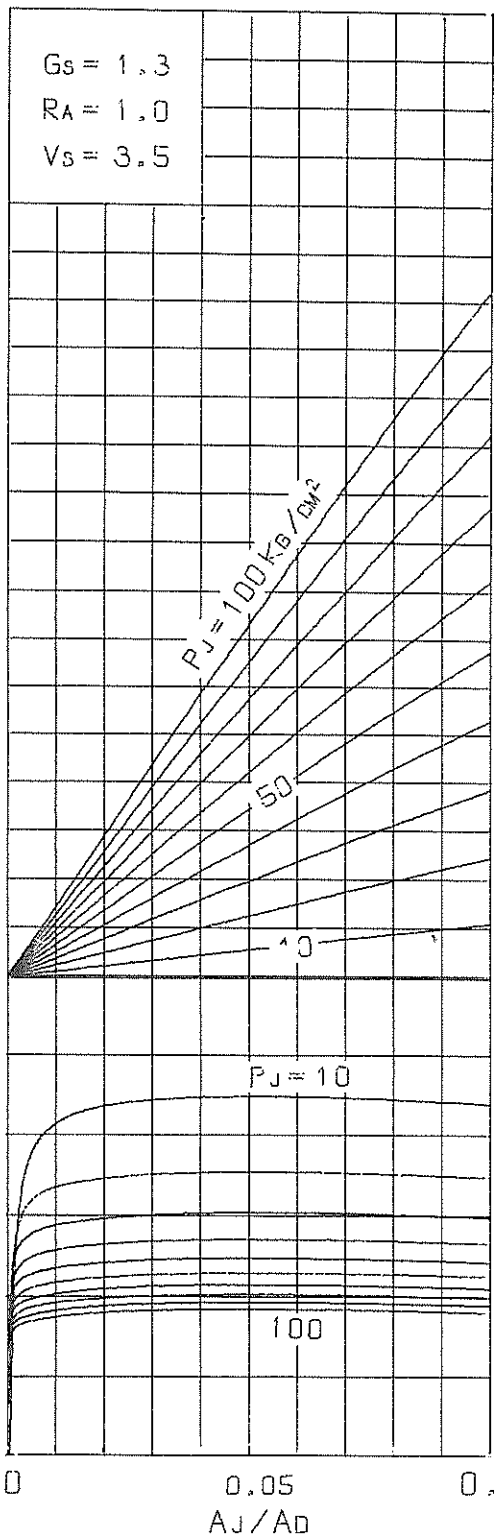
図表-17 揚程と効率 ($V_s = 3.5 \text{ m/s}$)



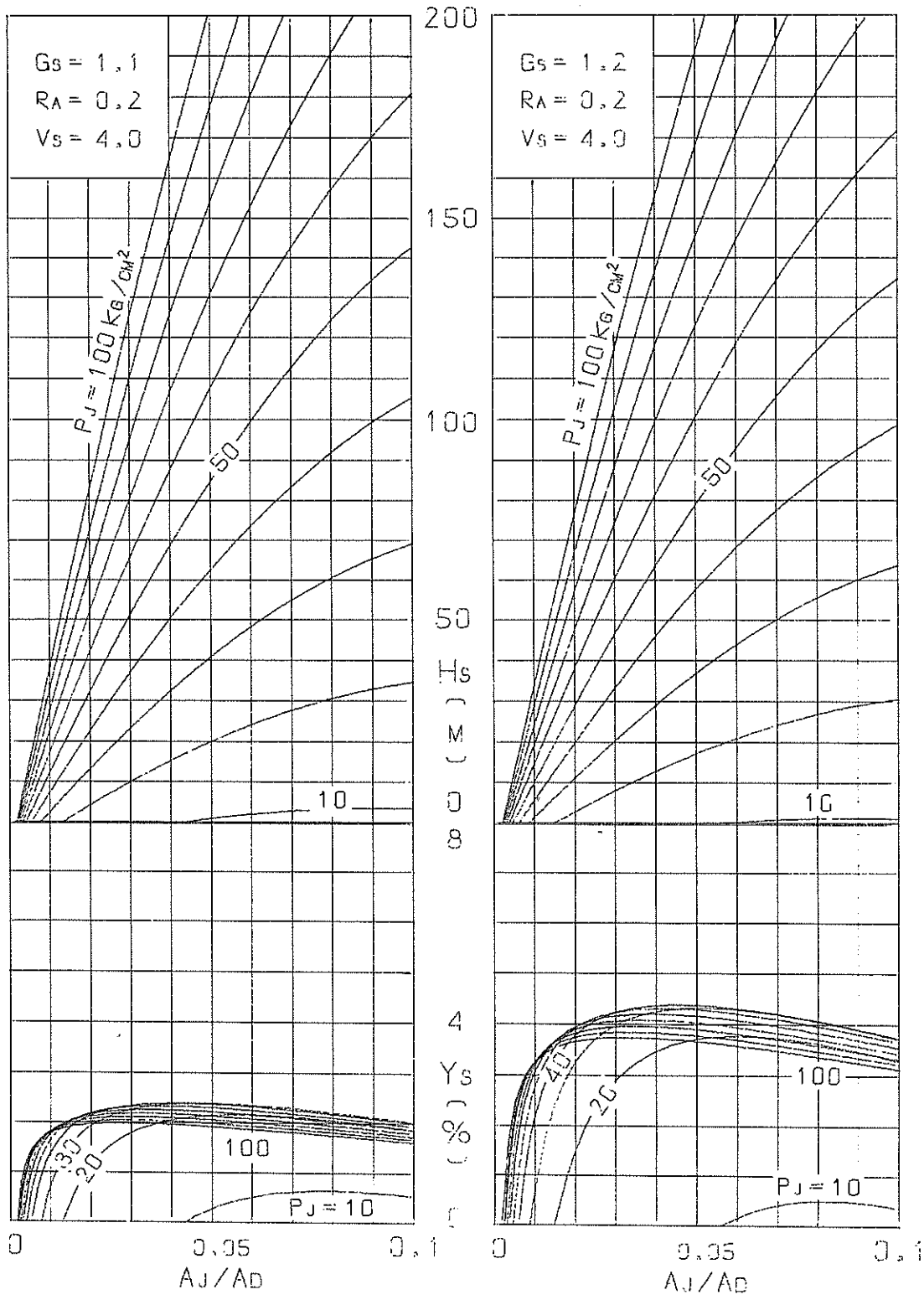
図表-18 揚程と効率 ($V_s = 3.5 \text{ m/s}$)



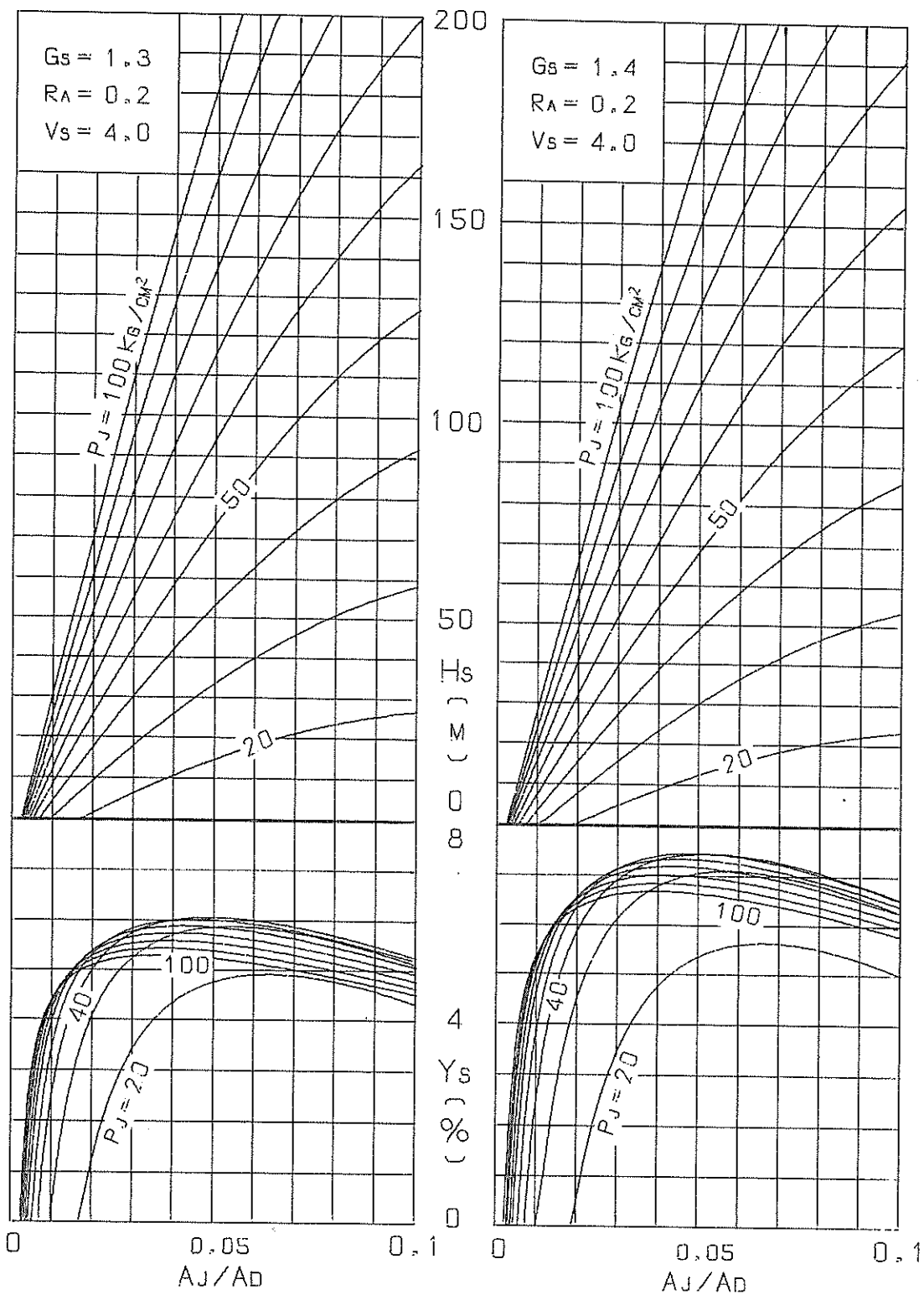
図表-19 揚程と効率 ($V_s = 3.5 m/s$)



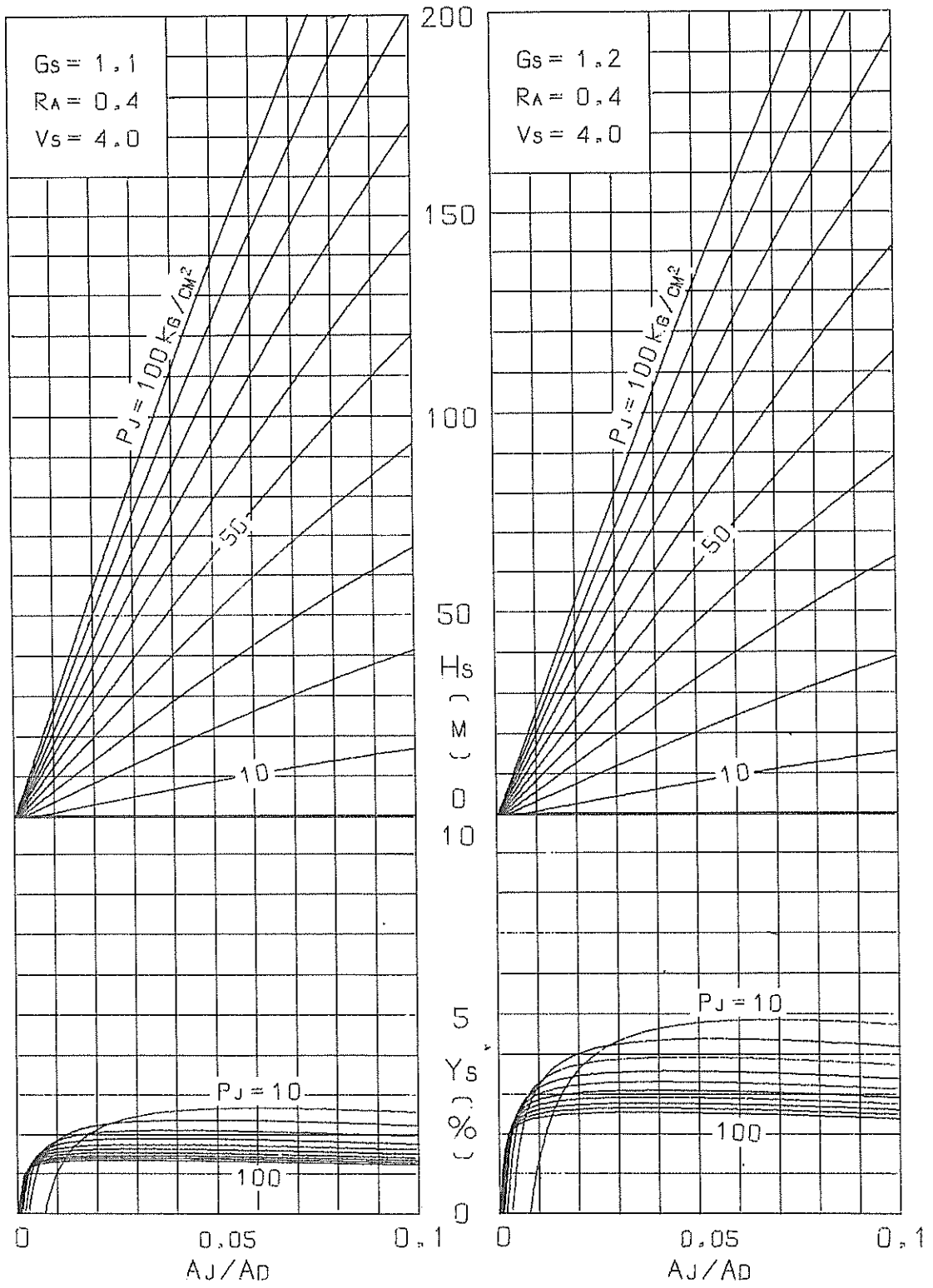
図表 - 20 揚程と効率 ($V_s = 3.5 \text{ m/s}$)



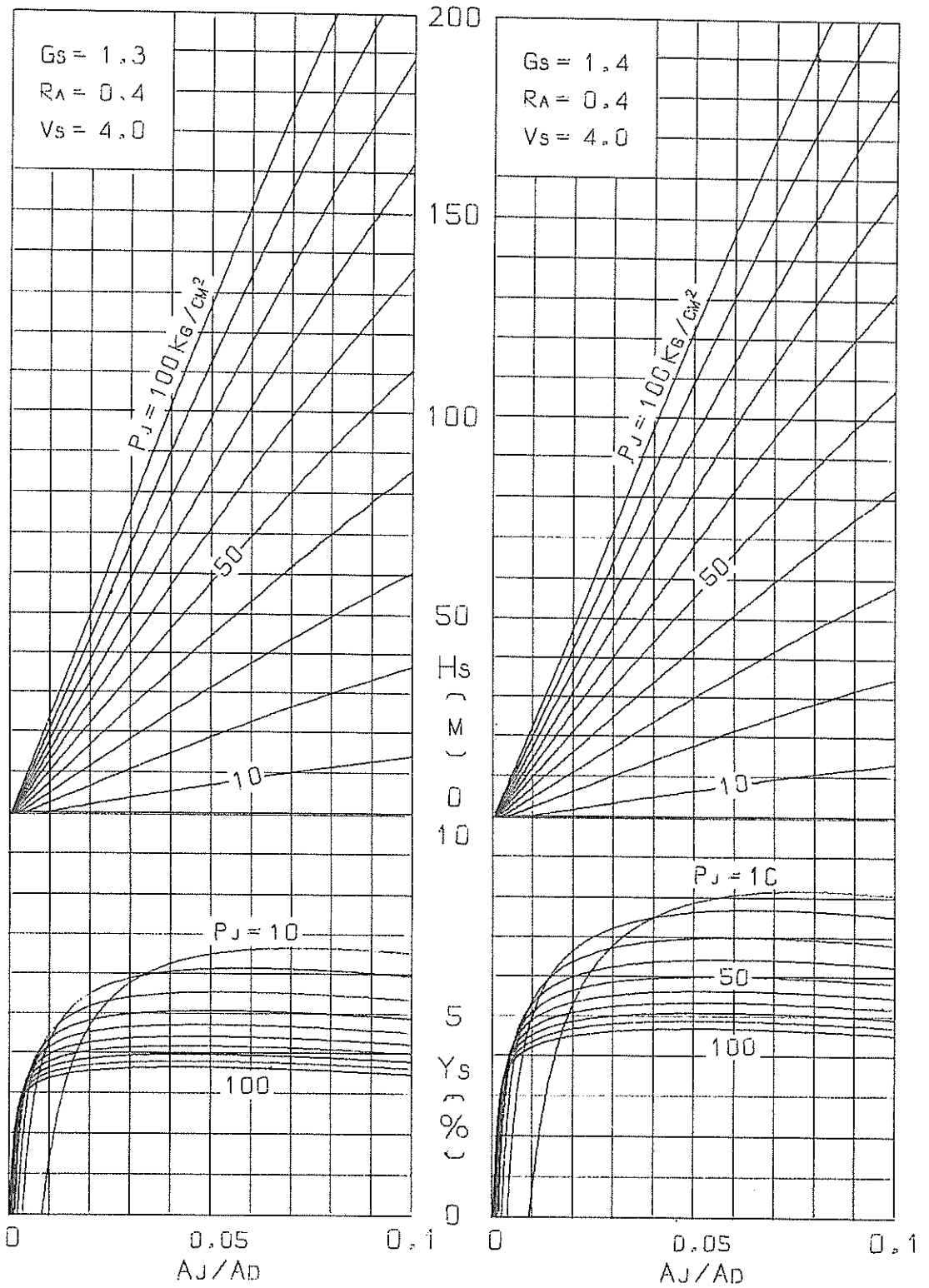
図表-21 揚程と効率 ($V_s = 4 \text{ m/s}$)



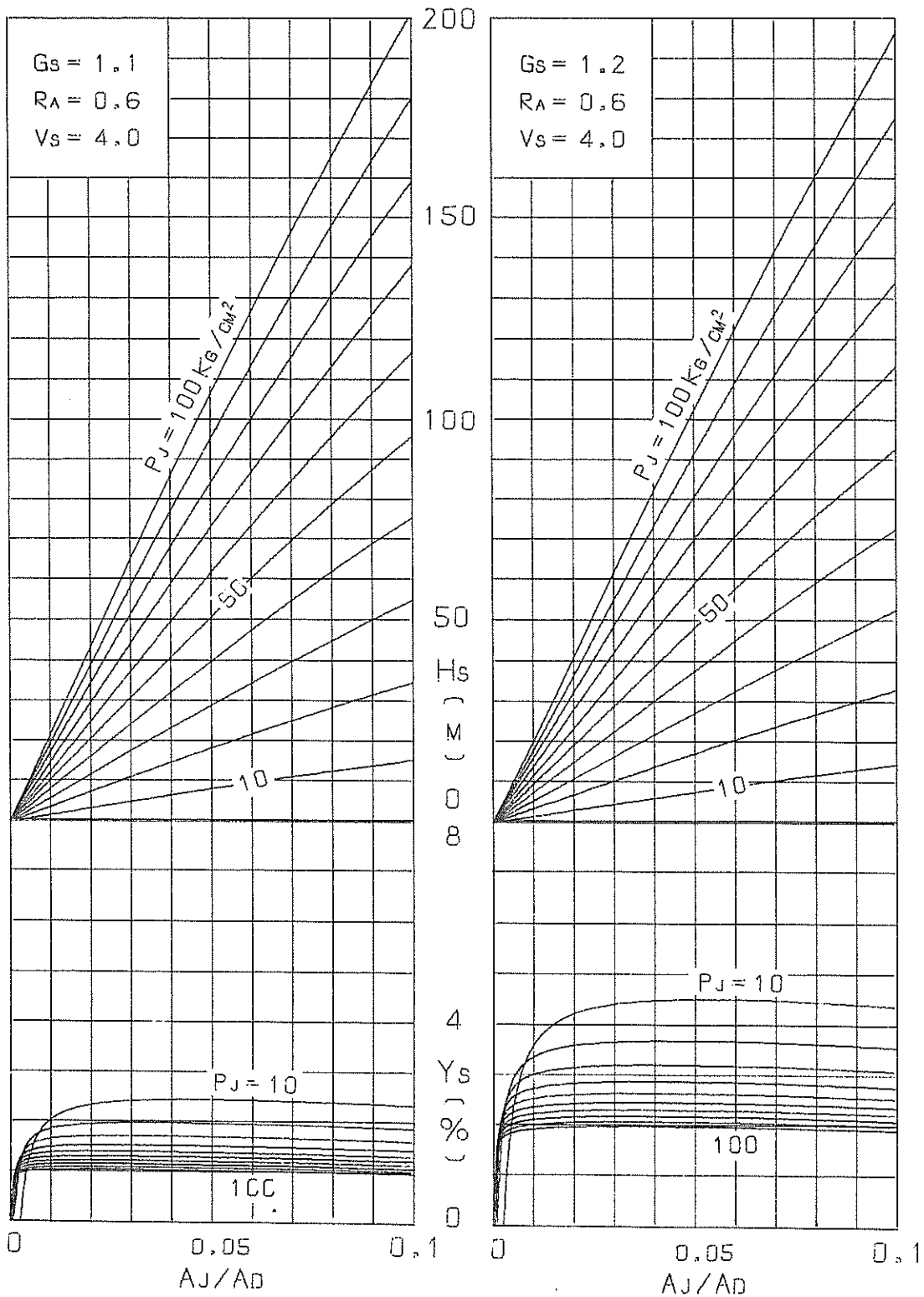
図表-22 揚程と効率 ($V_s = 4 \text{ m/s}$)



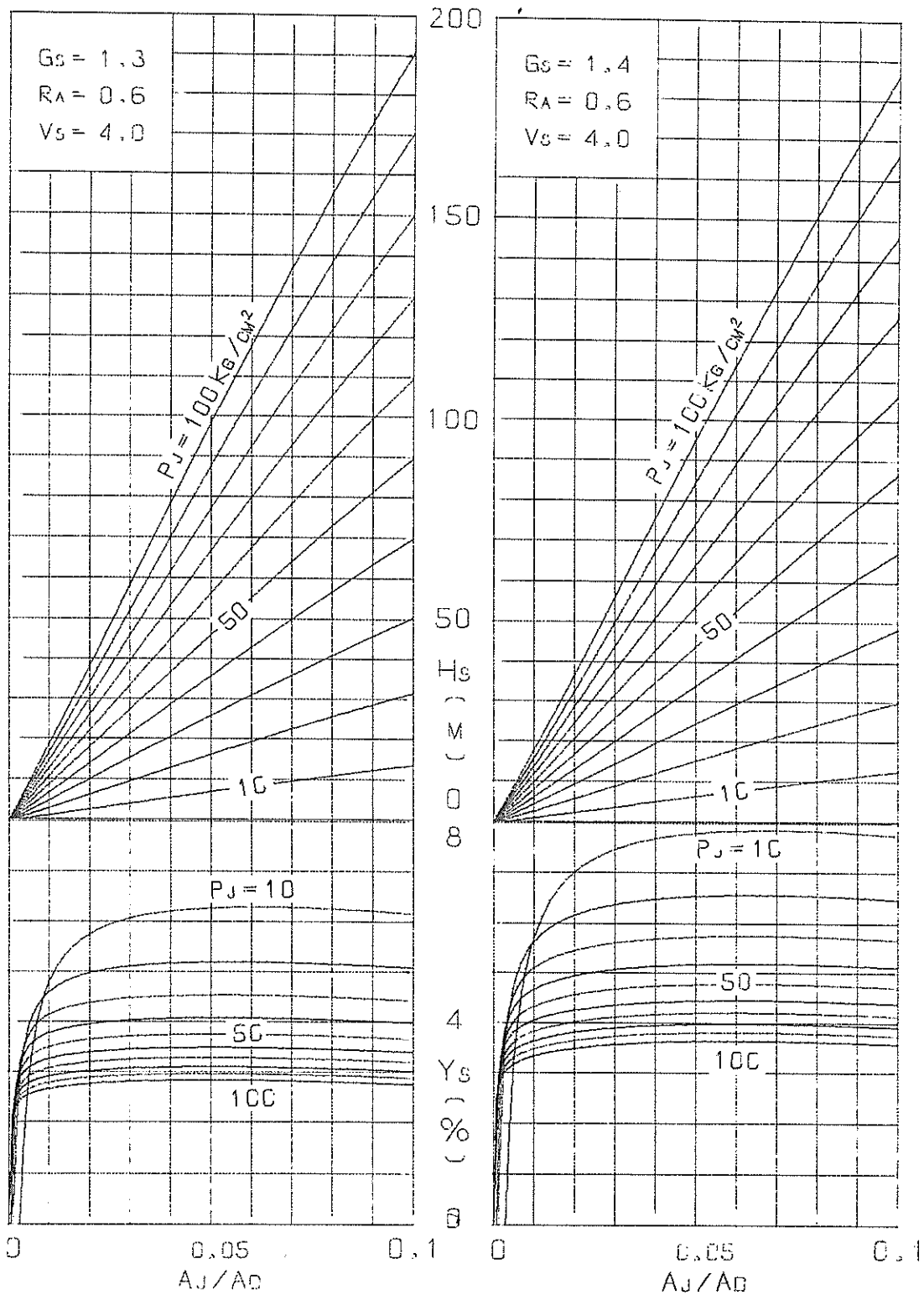
図表-23 揚程と効率 ($V_s = 4 \text{ m/s}$)



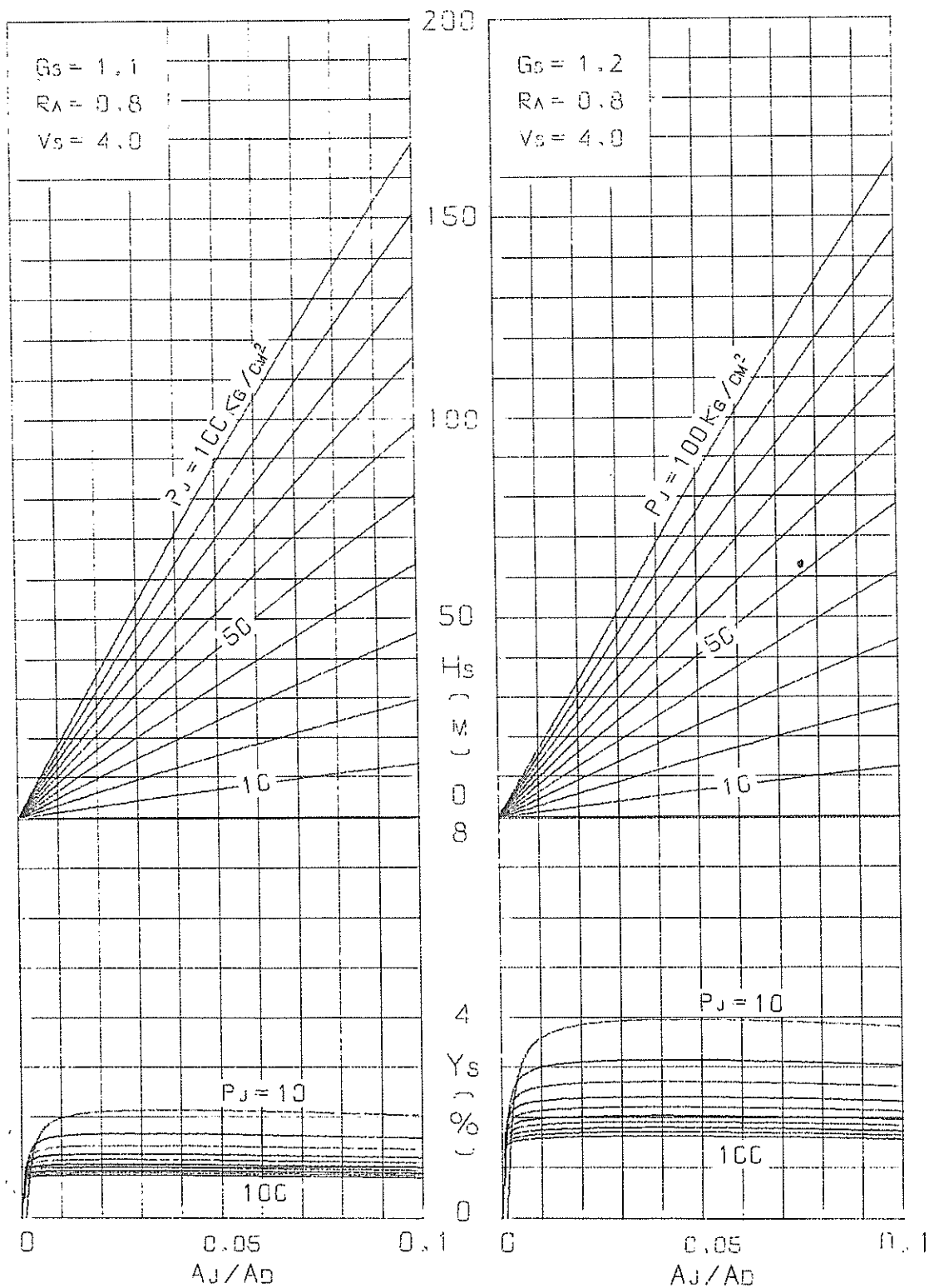
図表 - 24 揚程と効率 ($V_s = 4 \text{ m/s}$)



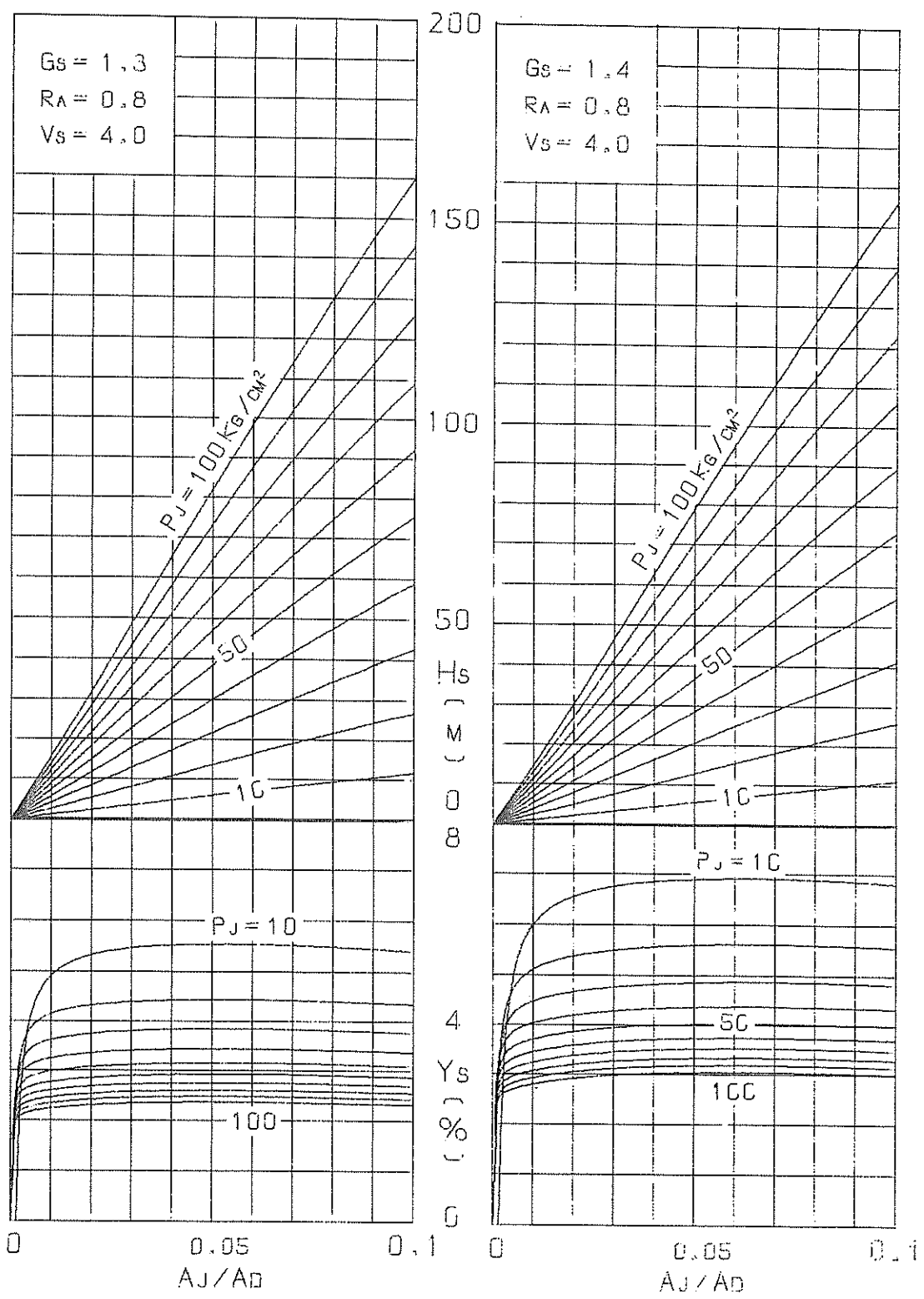
図表-25 揚程と効率 ($V_s = 4 \text{ m/s}$)



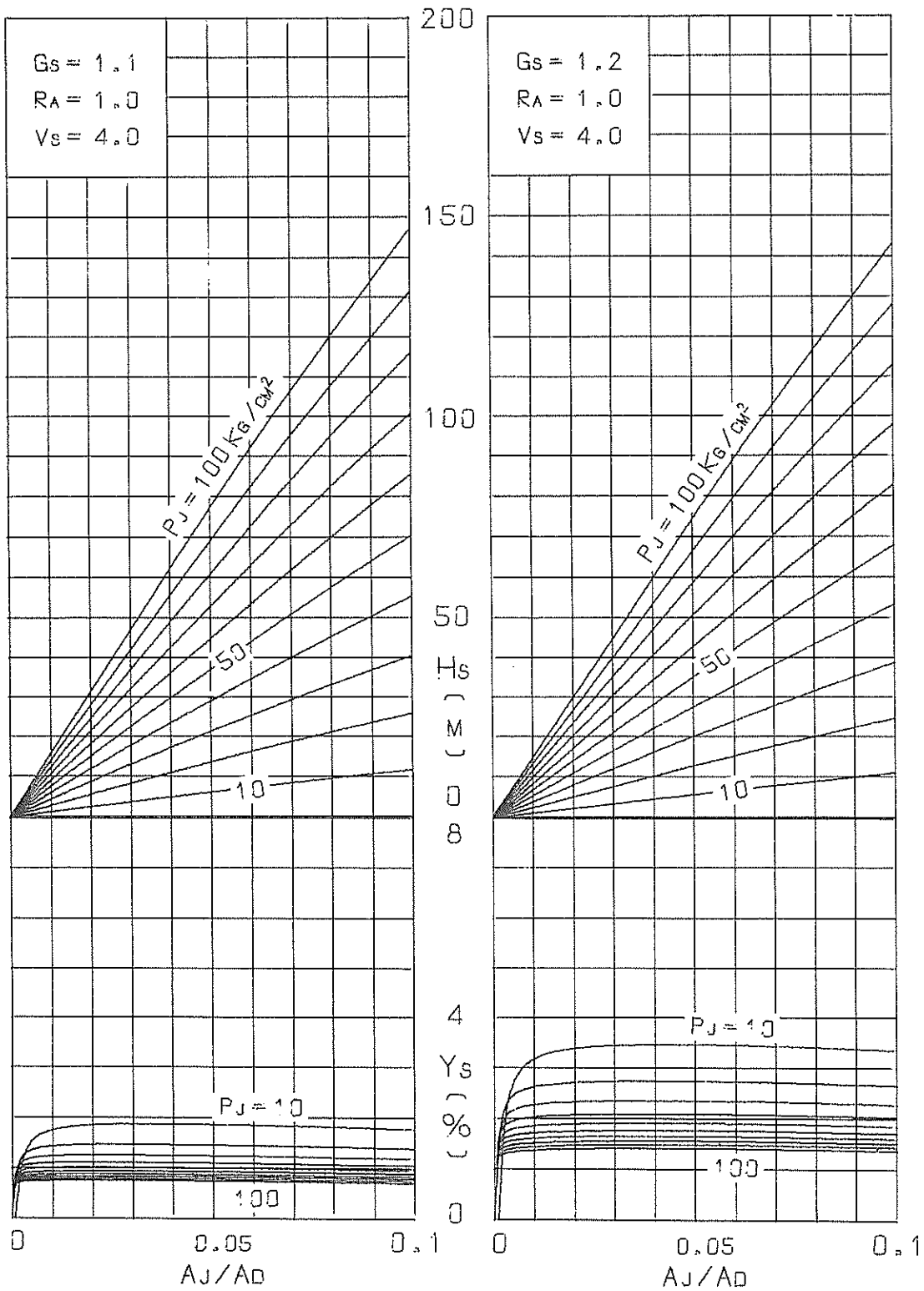
図表-26 揚程と効率 ($V_s = 4 \text{ m/s}$)



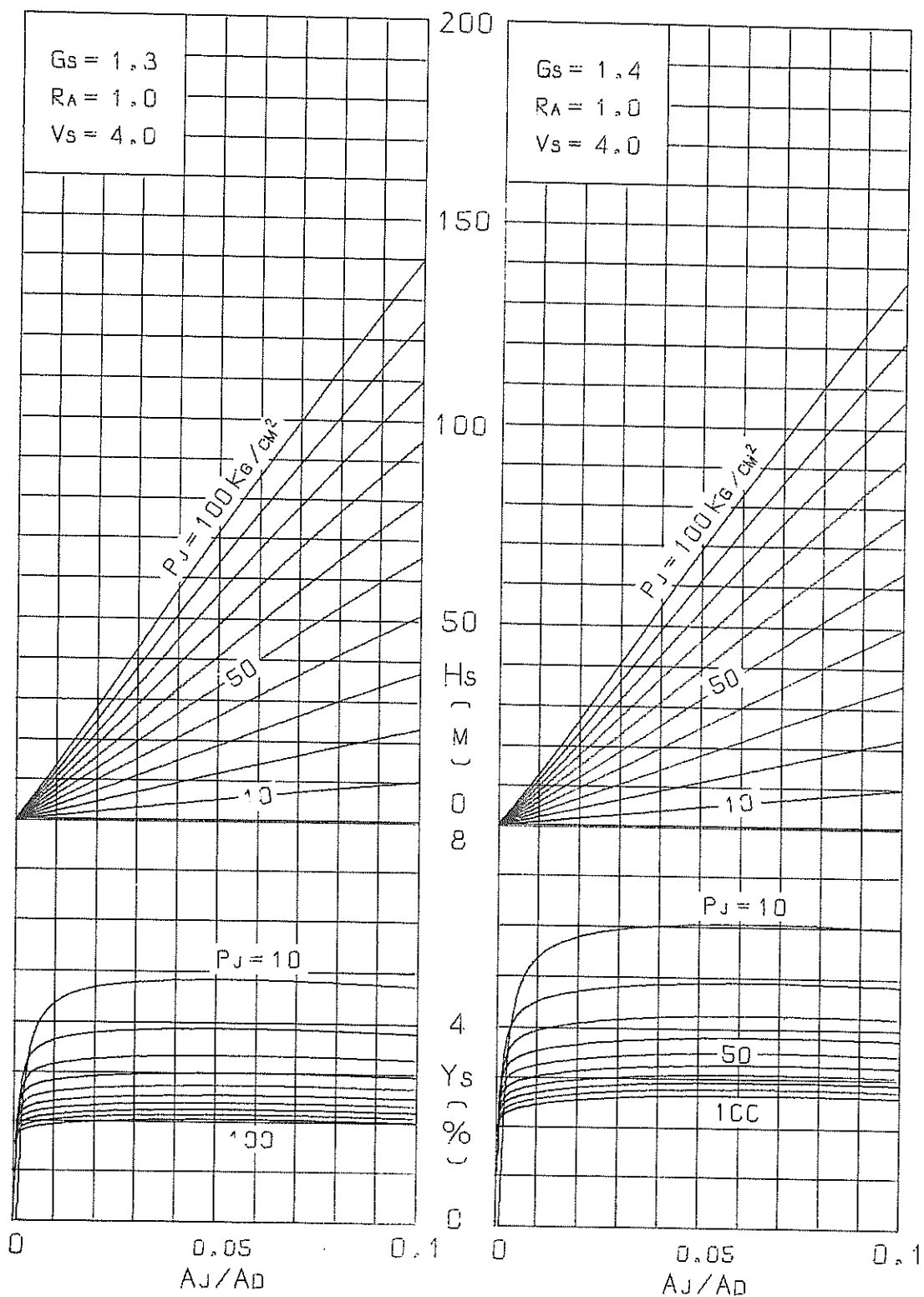
図表 - 27 揚程と効率 ($V_s = 4 \text{ m/s}$)



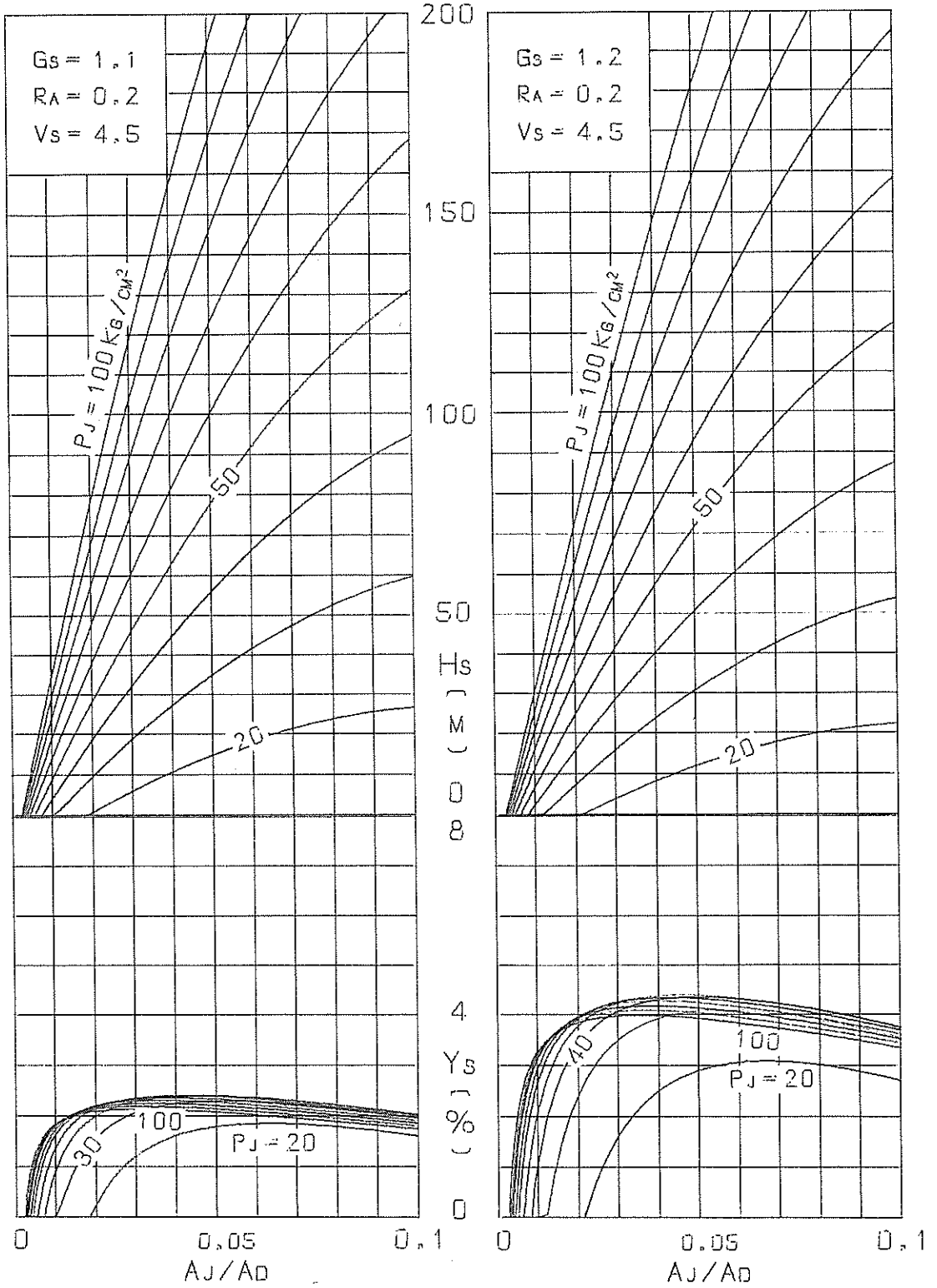
図表-28 揚程と効率 ($V_s = 4 \text{ m/s}$)



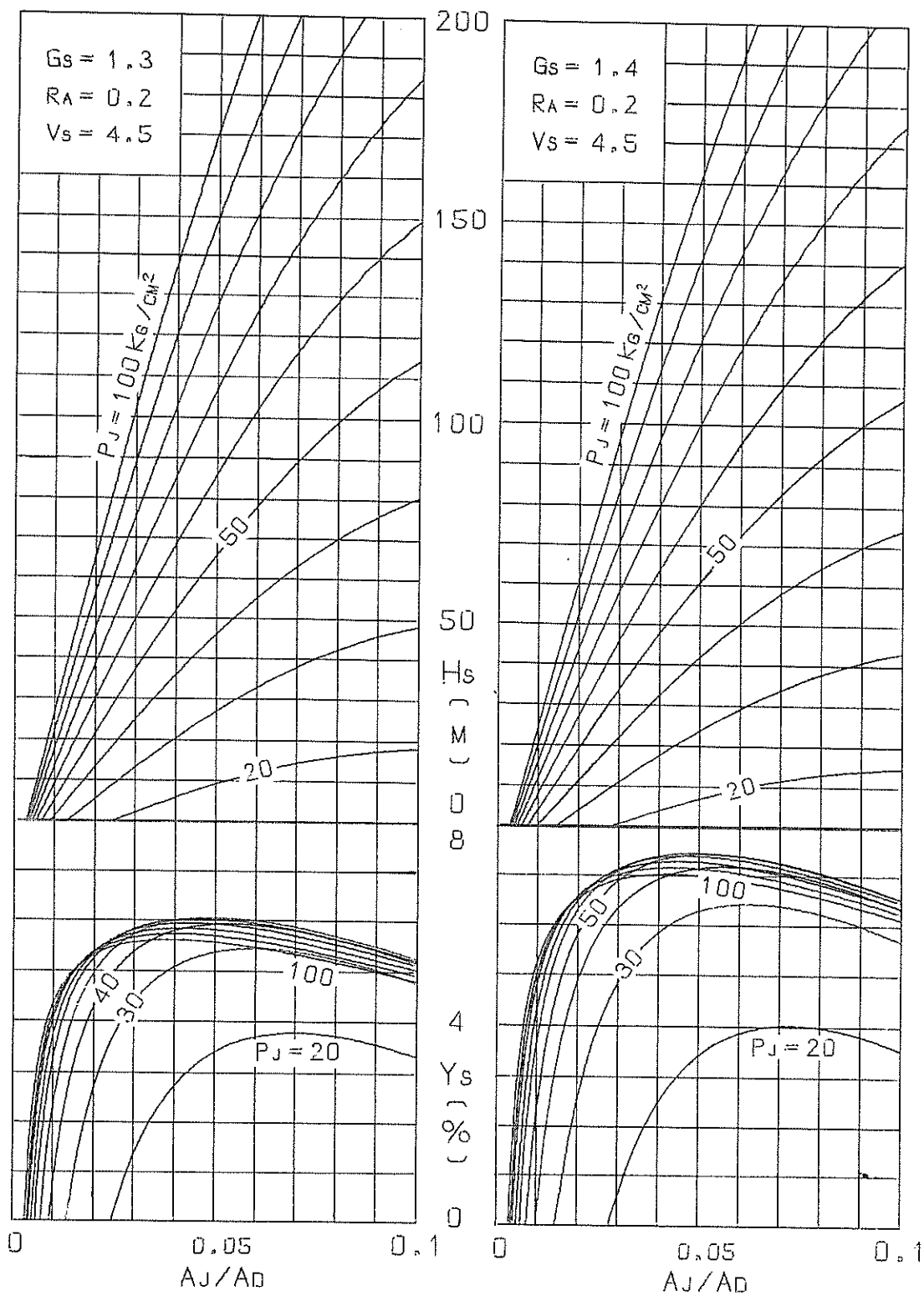
図表 - 29 揚程と効率 ($V_s = 4 \text{ m/s}$)



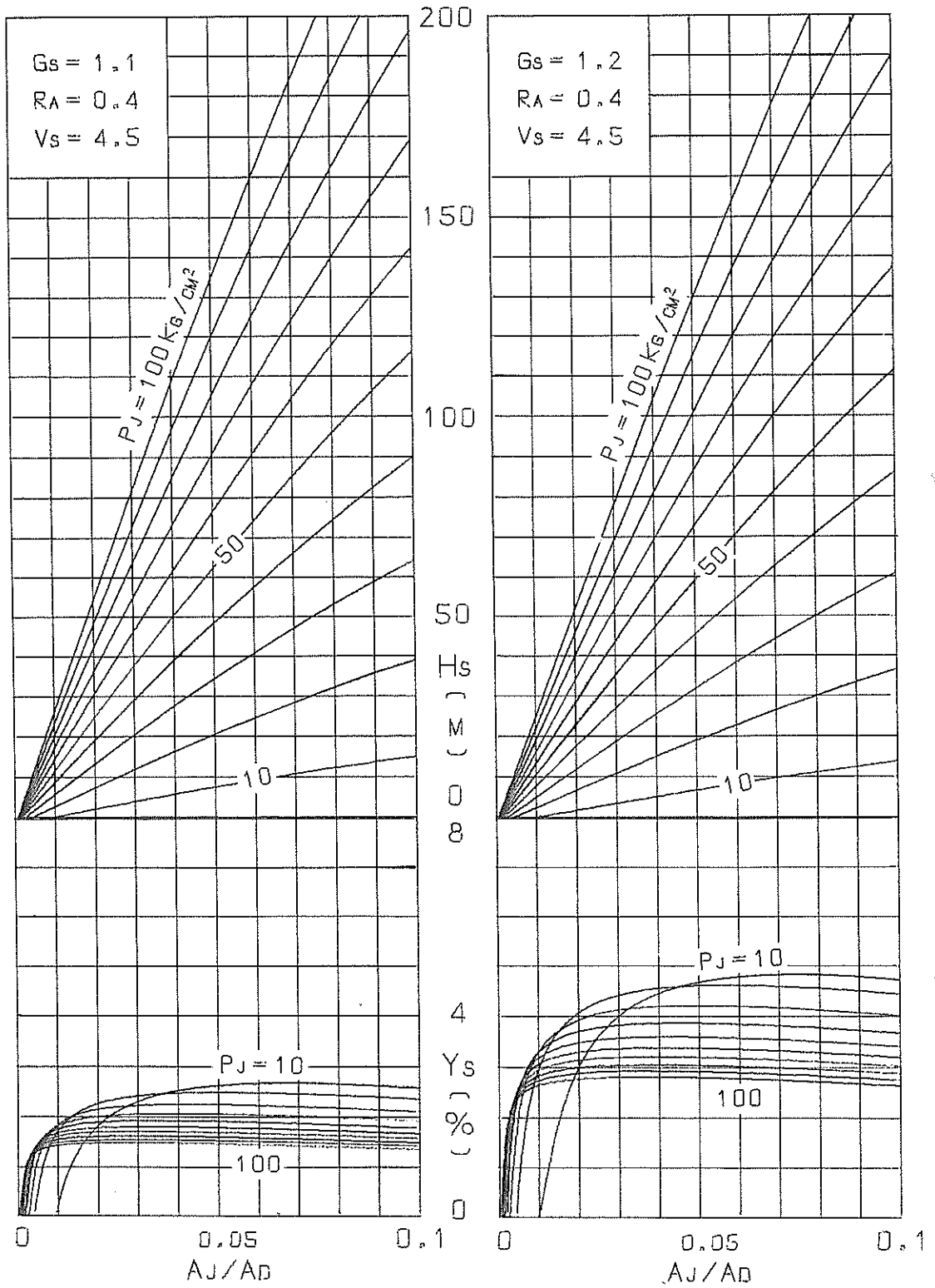
図表-30 揚程と効率 ($V_s = 4 \text{ m/s}$)



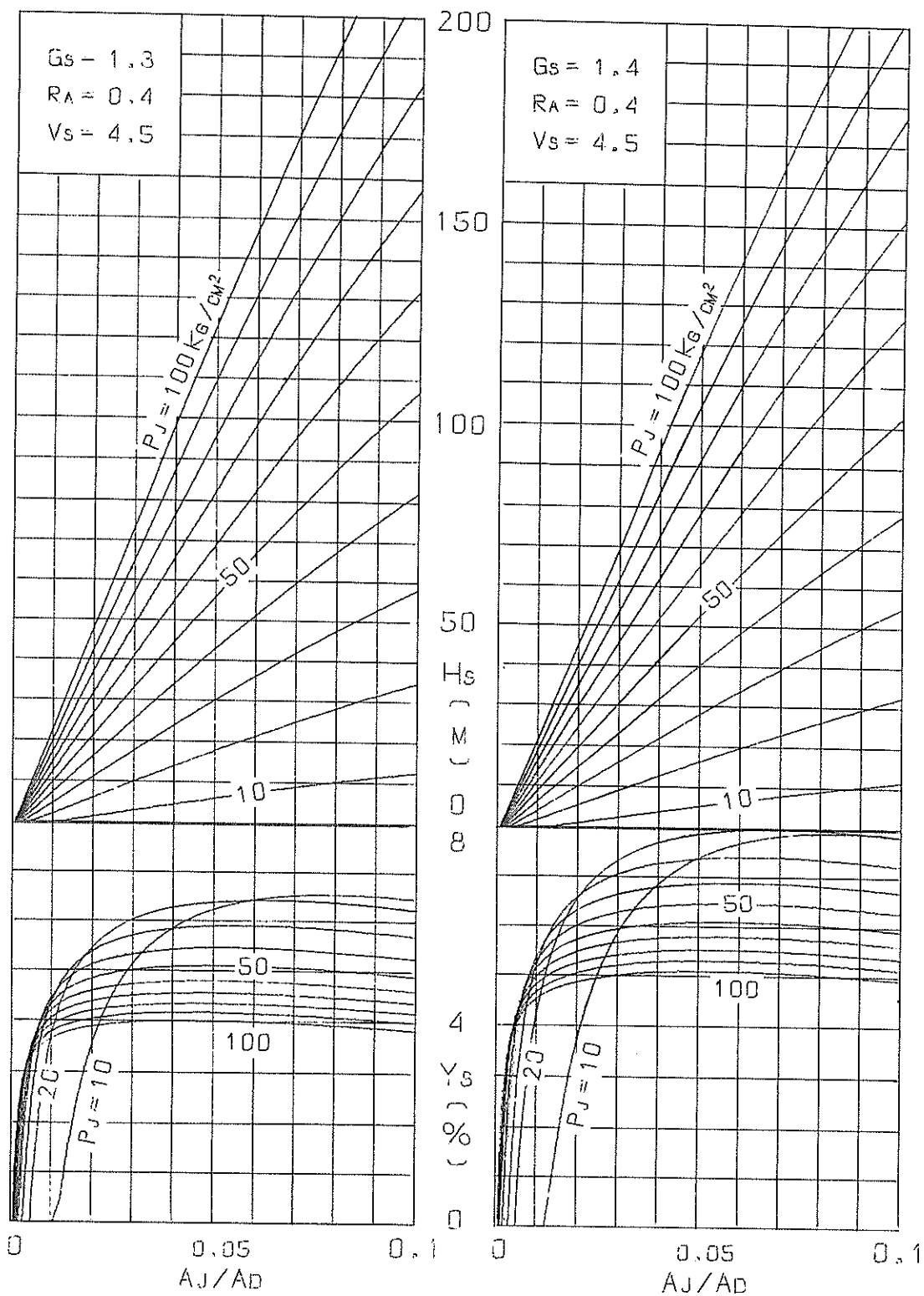
図表-31 揚程と効率 ($V_s = 4.5 \text{ m/s}$)



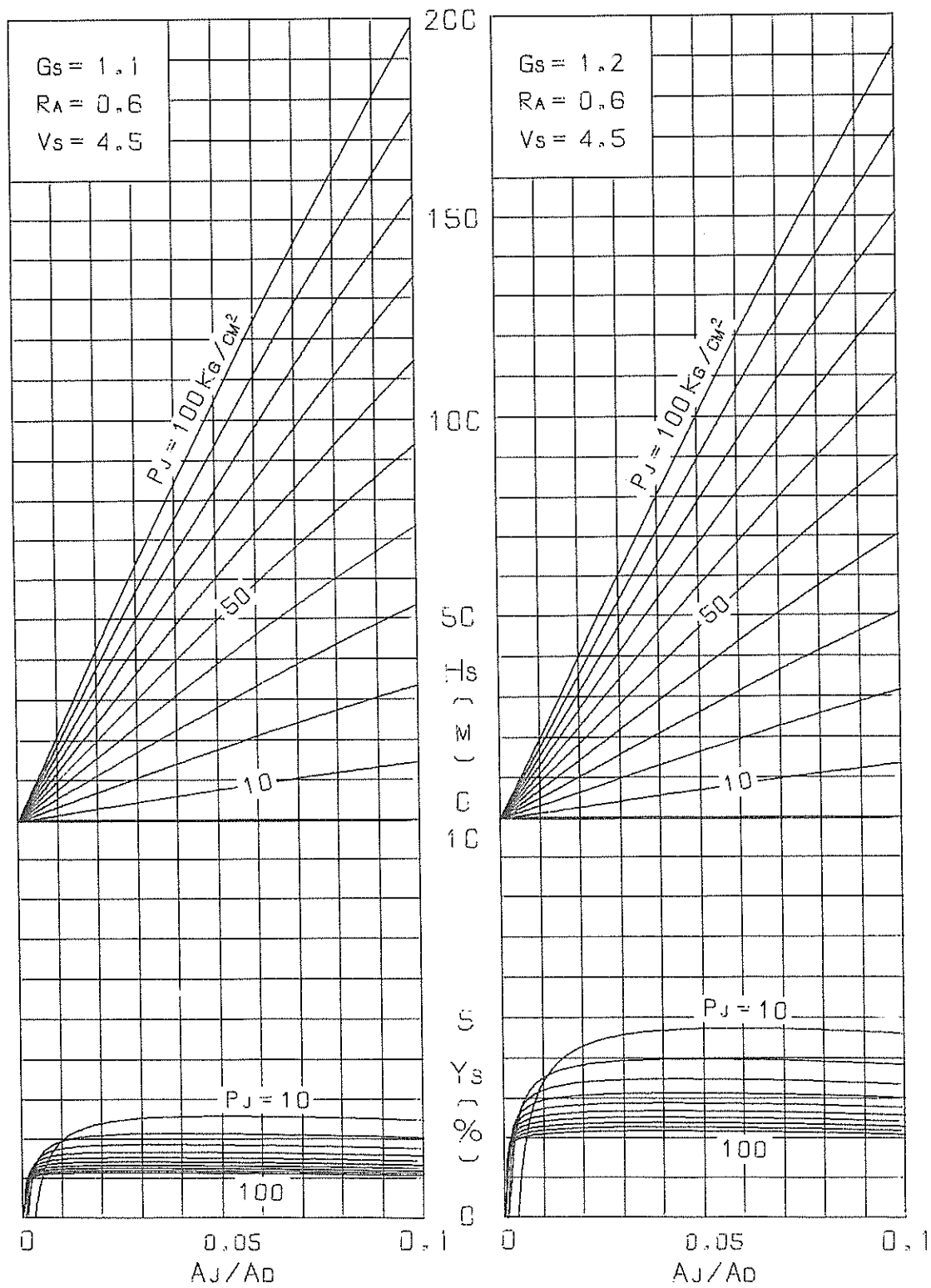
図表-32 揚程と効率 ($K_p = 4.5 \text{ m/s}$)



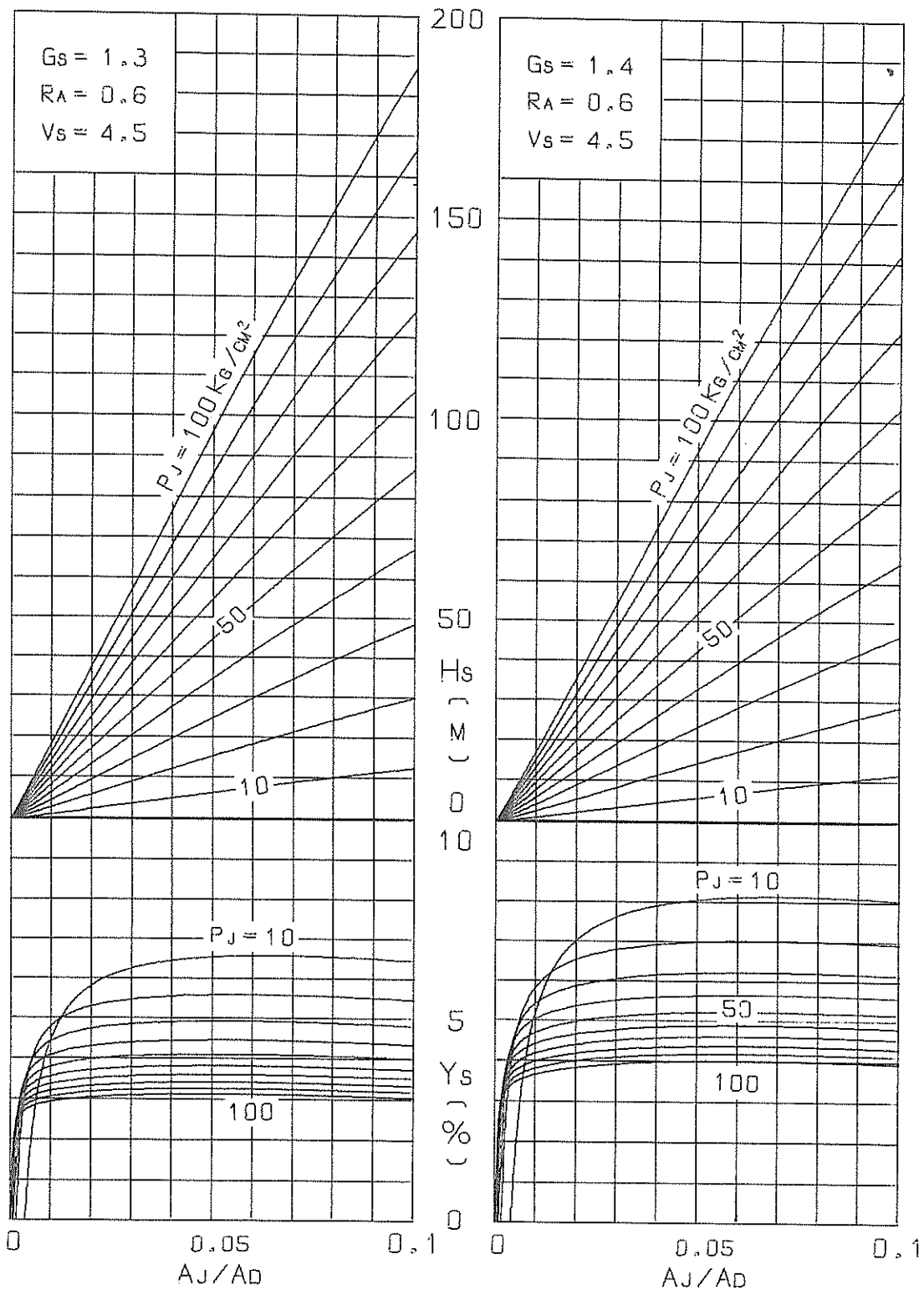
図表 - 33 揚程と効率 ($V_s = 4.5 \text{ m/s}$)



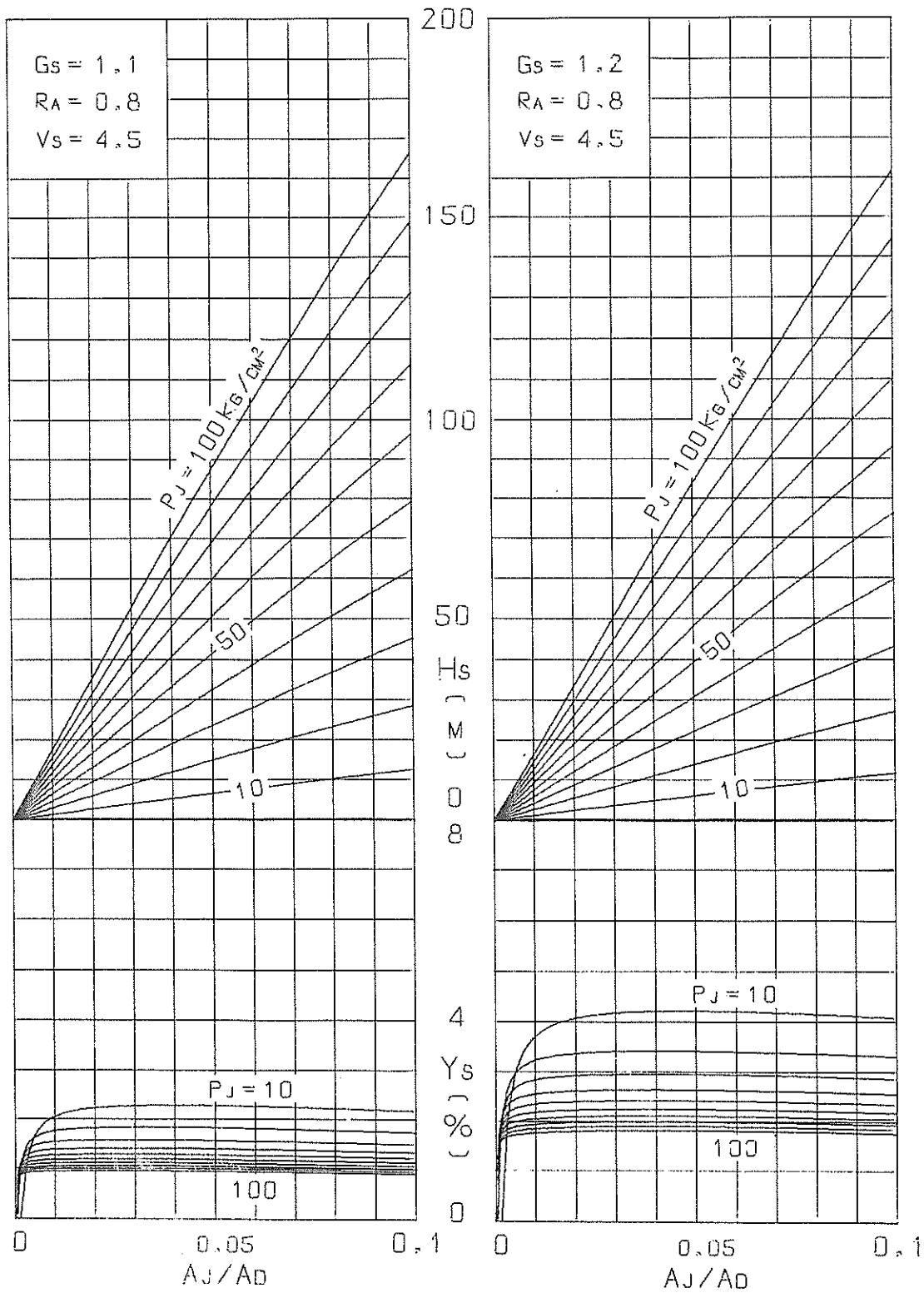
図表-34 揚程と効率 ($V_s = 4.5 \text{ m/s}$)



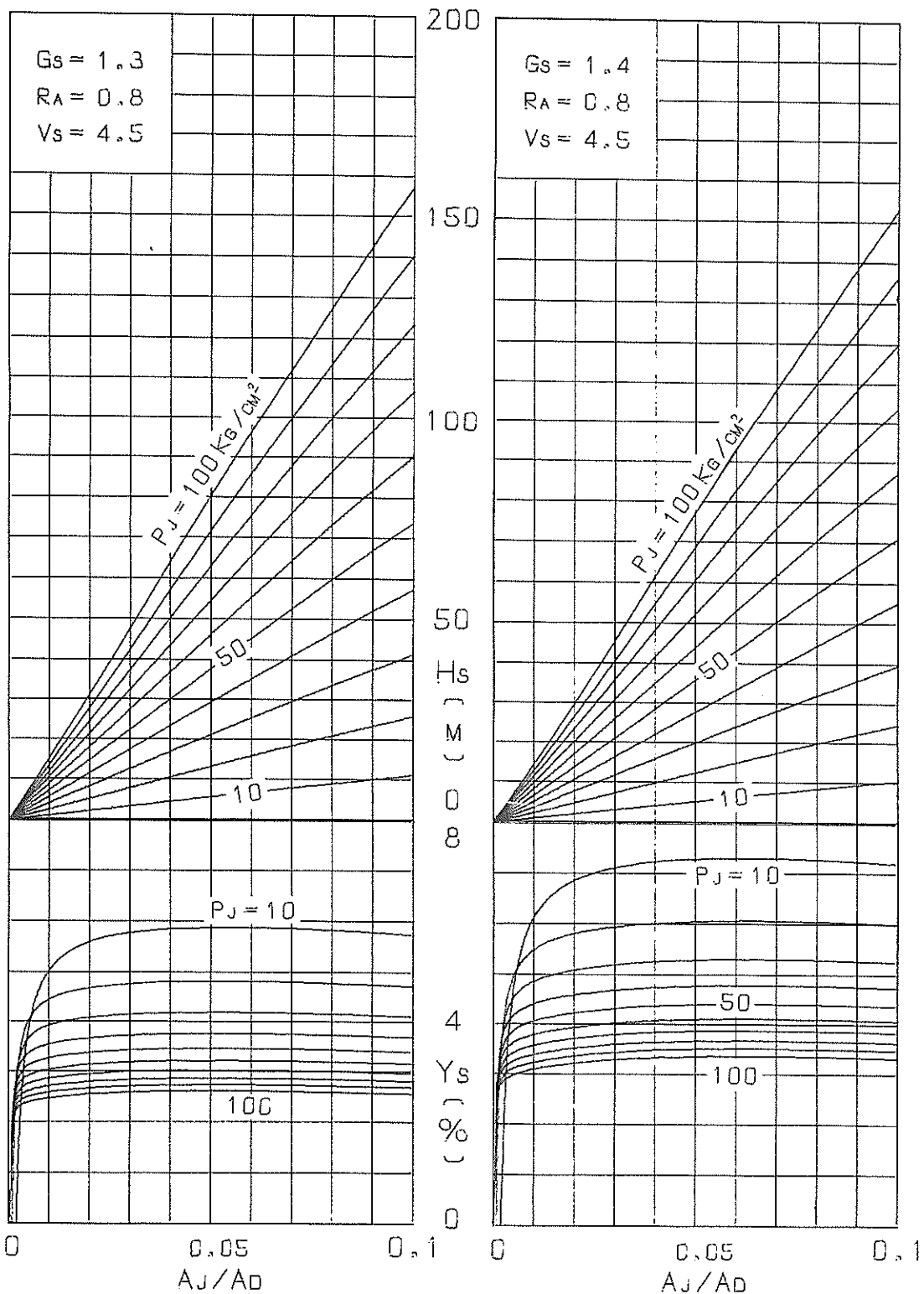
図表 - 35 揚程と効率 ($V_s = 4.5 \text{ m/s}$)



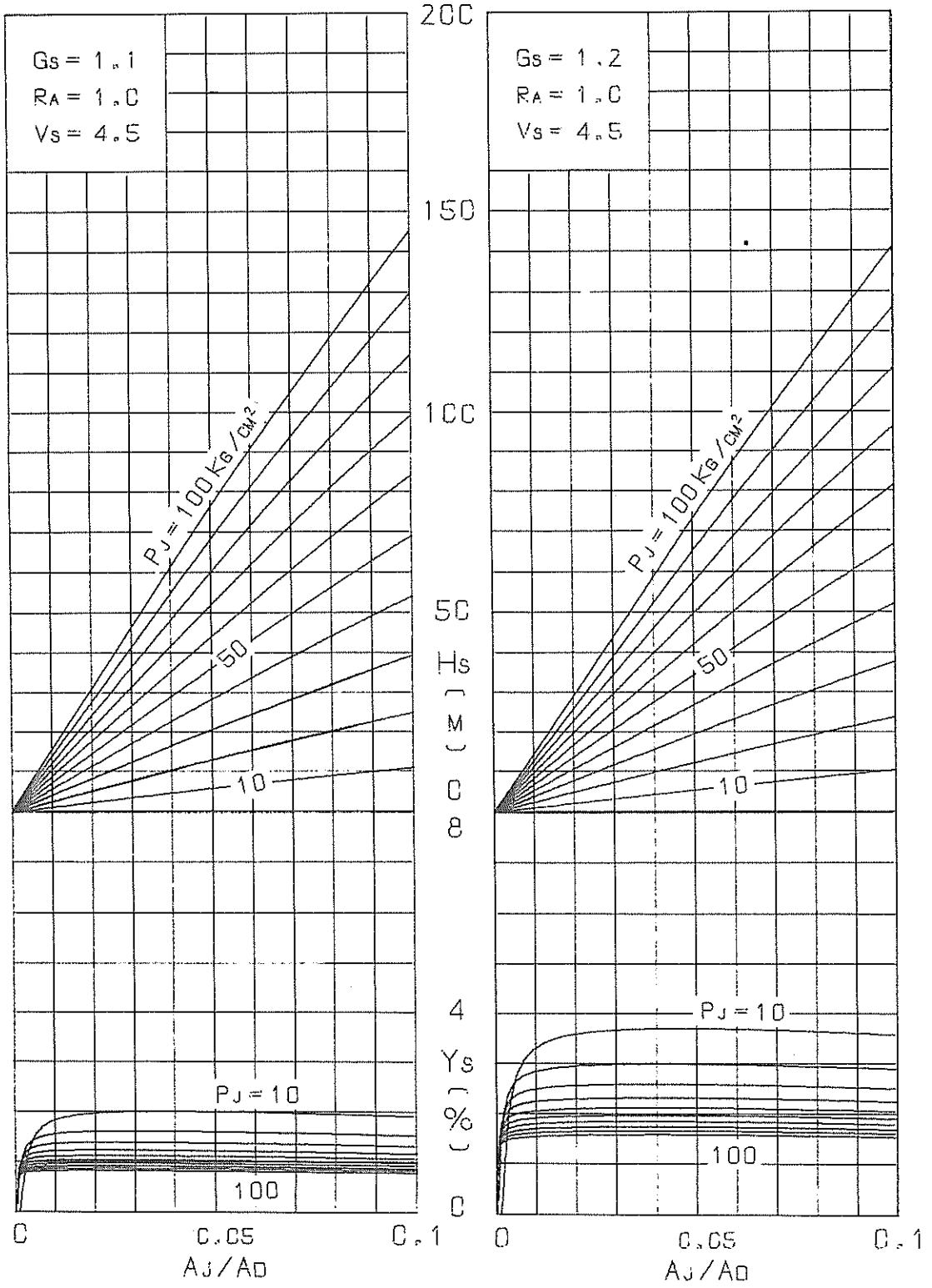
図表-36 揚程と効率 ($V_s = 4.5 \text{ m/s}$)



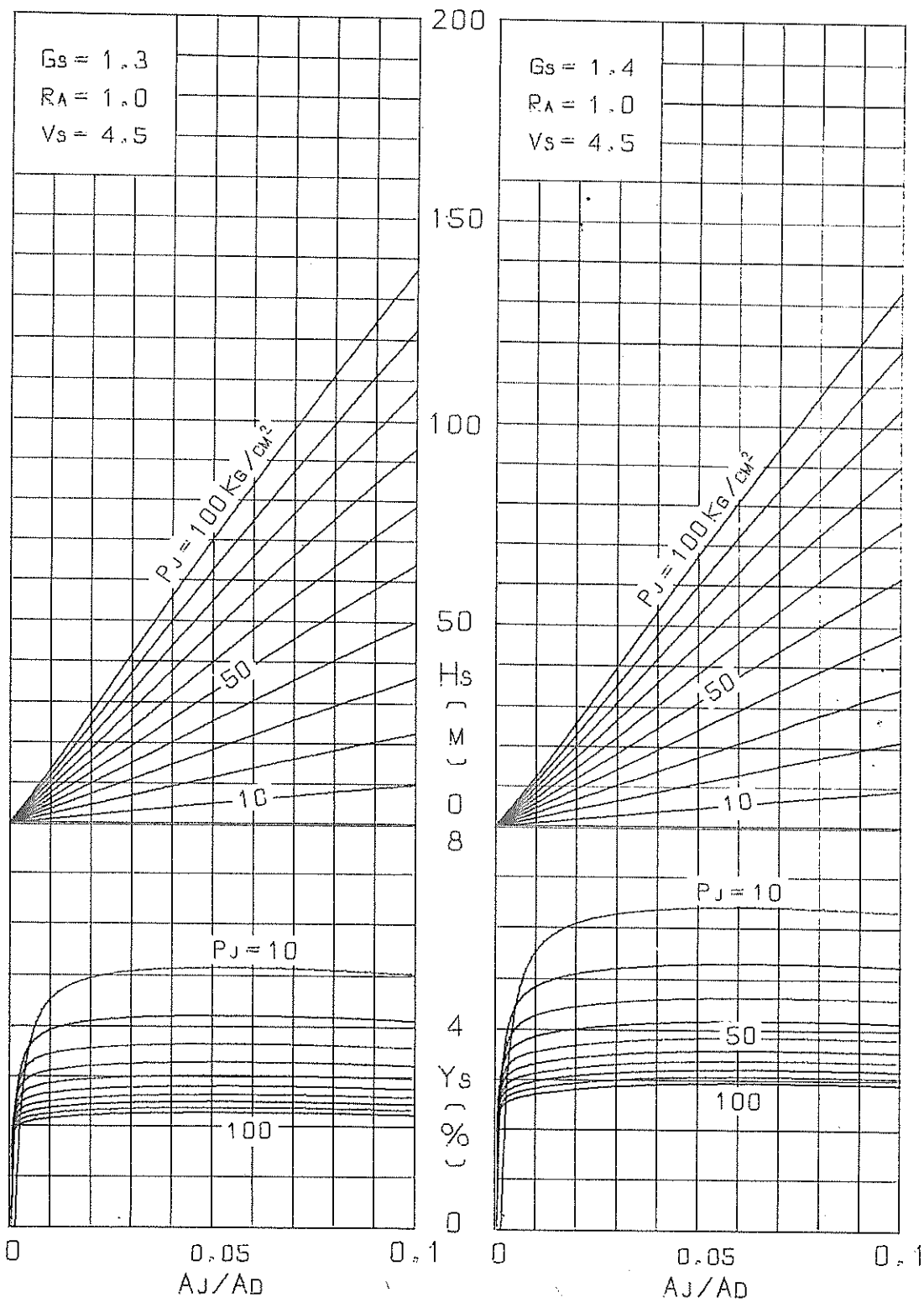
図表 - 37 揚程と効率 ($V_s = 4.5 \text{ m/s}$)



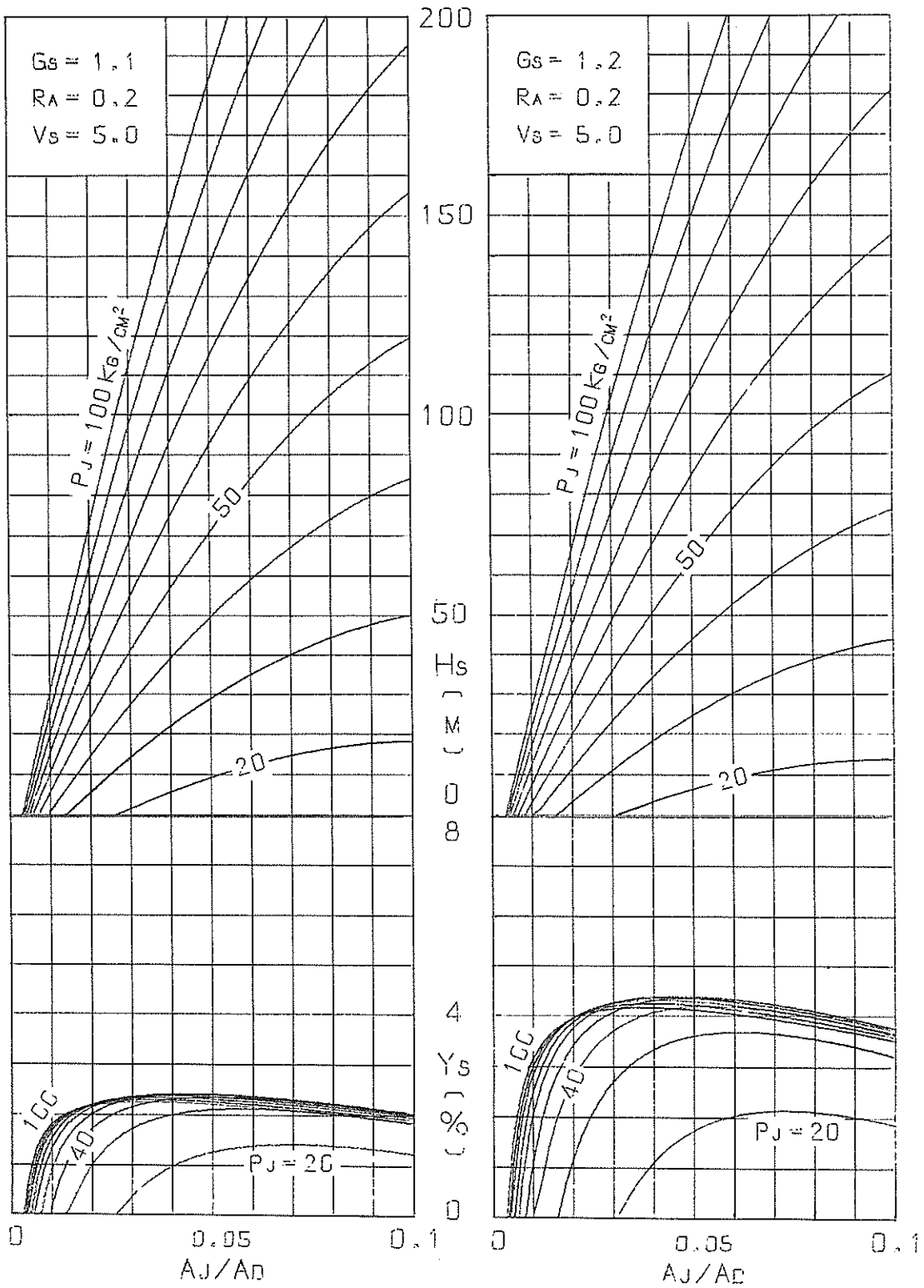
図表-38 揚程と効率 ($V_s = 4.5 m/s$)



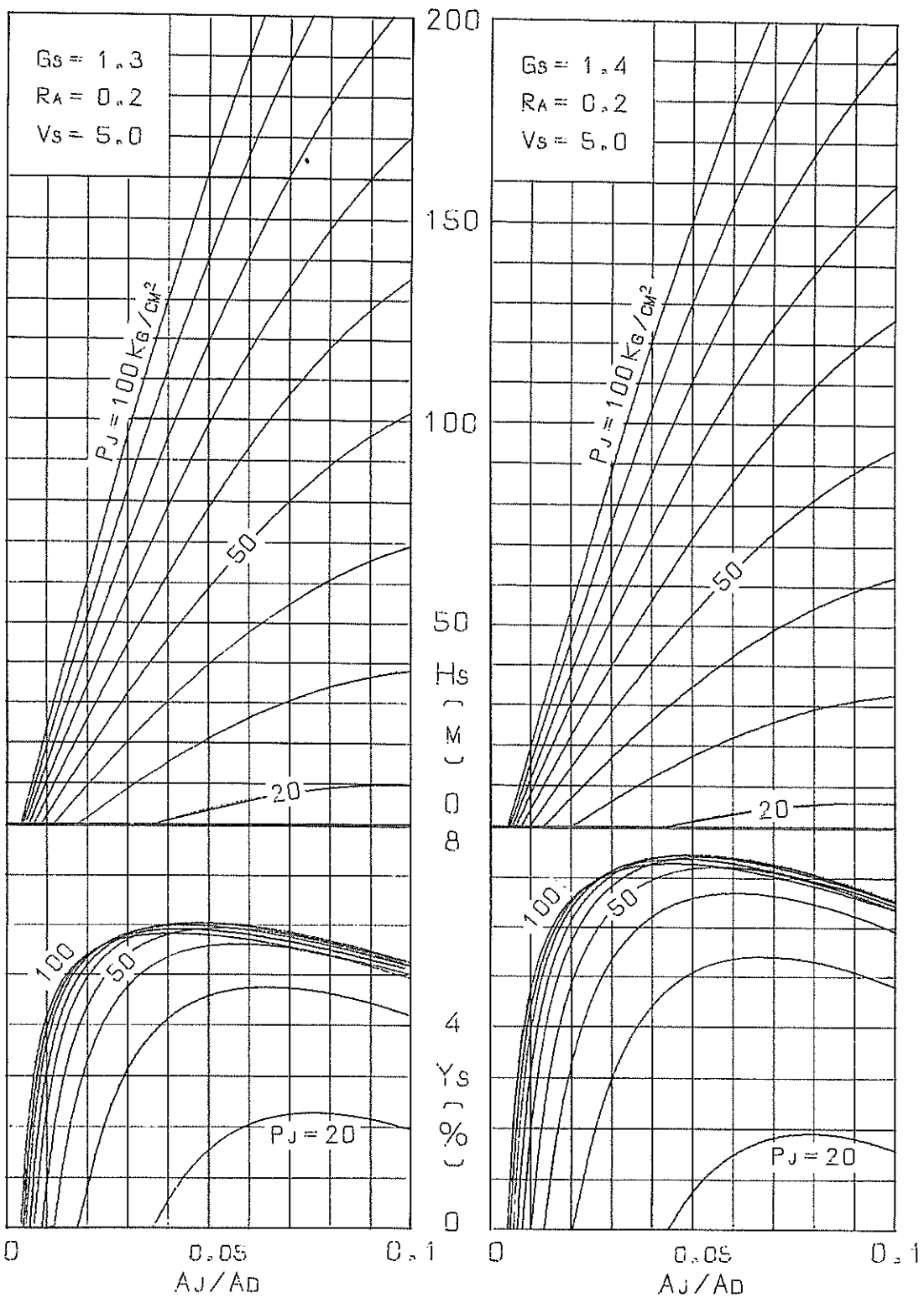
図表-39 揚程と効率 ($V_s = 4.5 \text{ m/s}$)



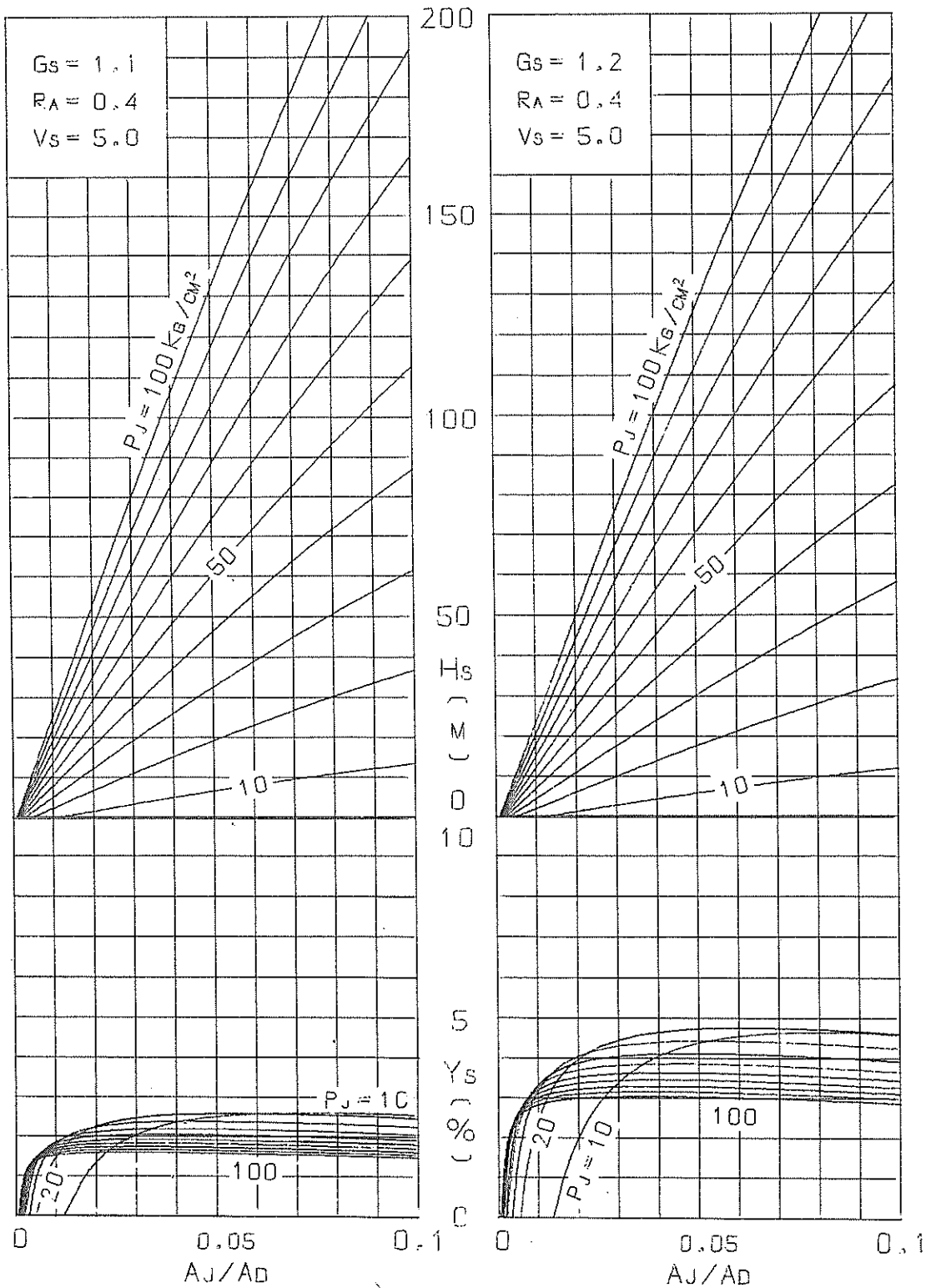
図表 - 40 揚程と効率 ($V_s = 4.5 \text{ m/s}$)



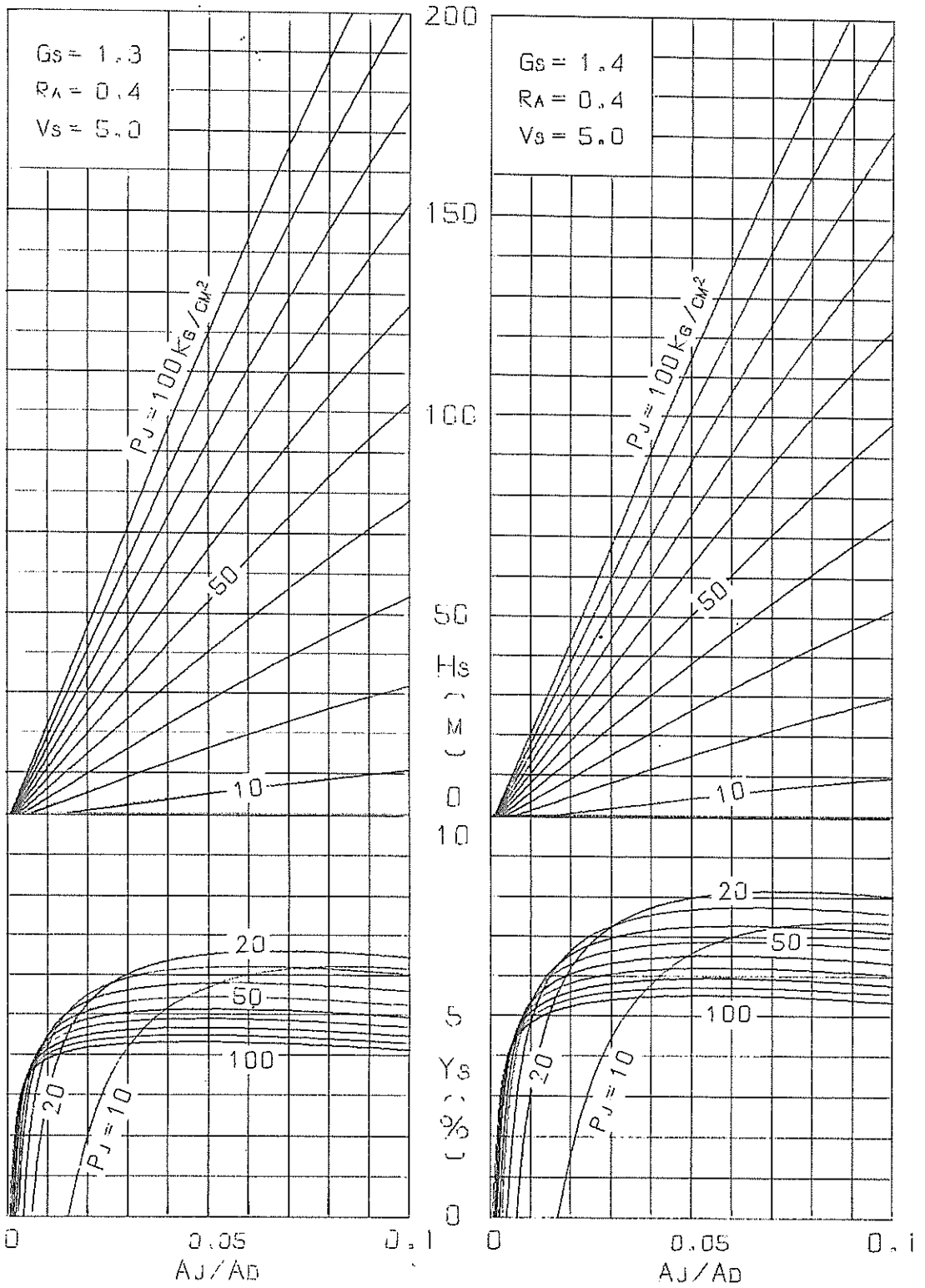
図表 - 41 揚程と効率 ($V_s = 5 \text{ m/s}$)



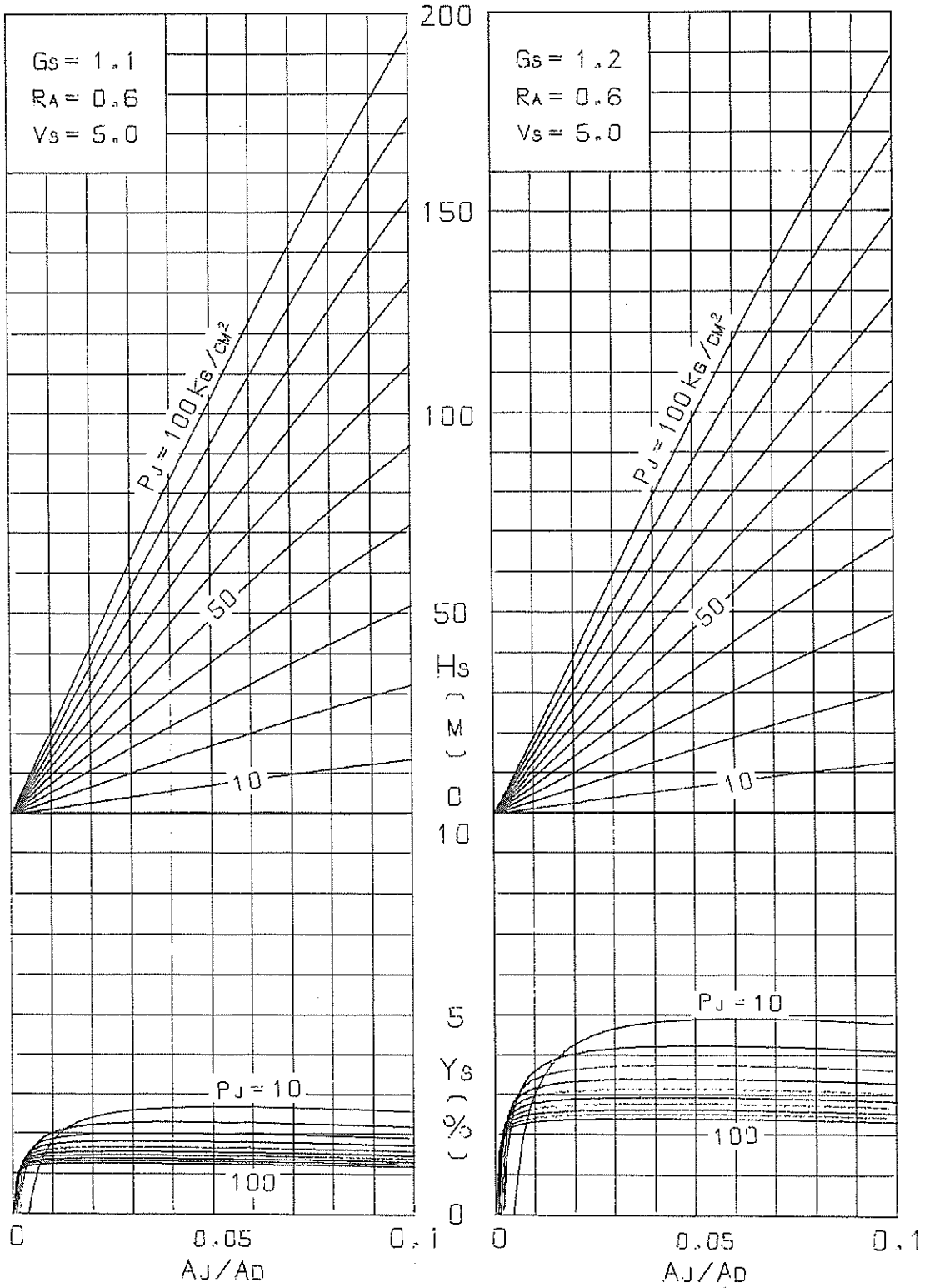
図表 - 42 揚程と効率 ($V_s = 5 \text{ m/s}$)



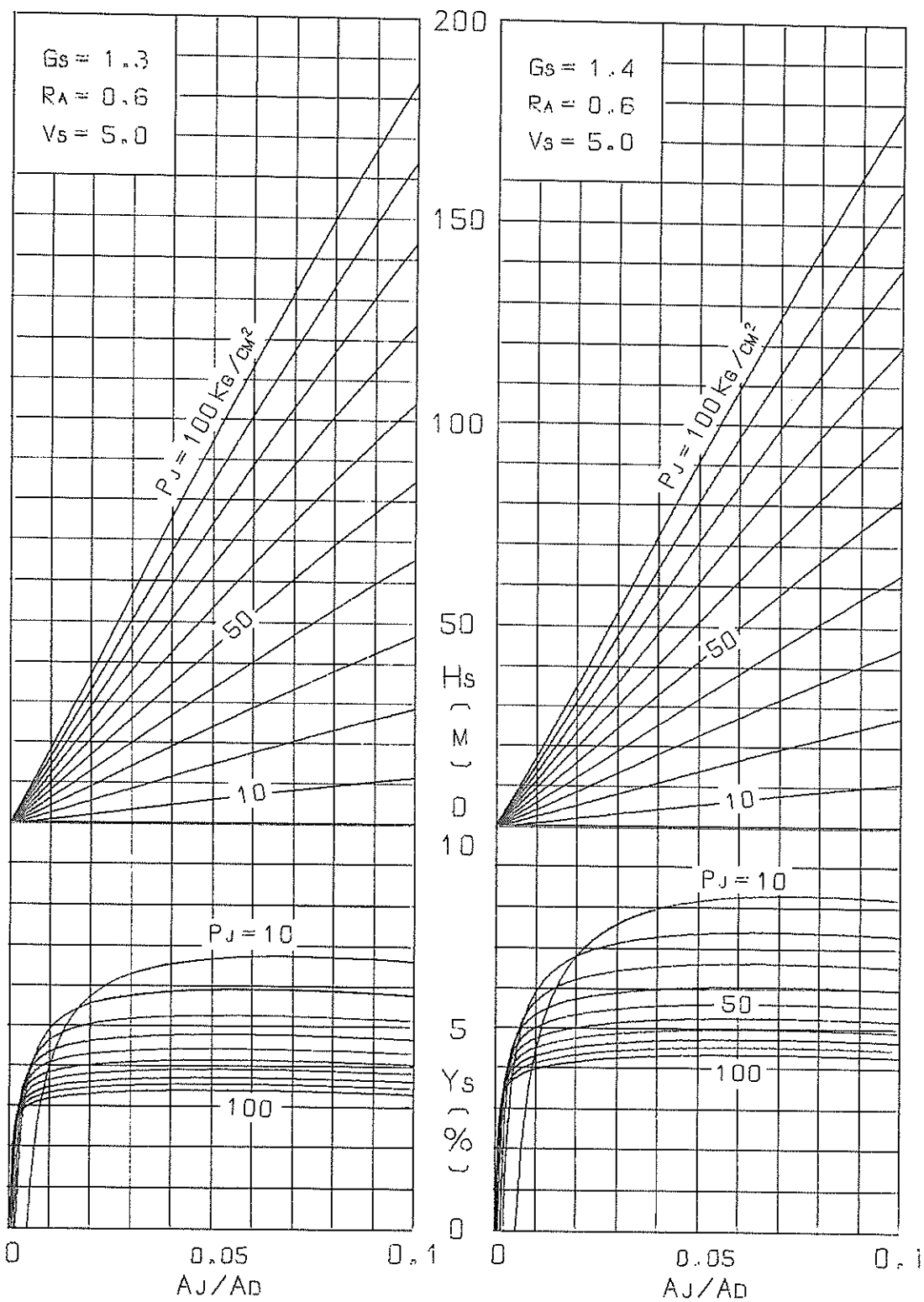
図表-43 揚程と効率 ($V_s = 5 \text{ m/s}$)



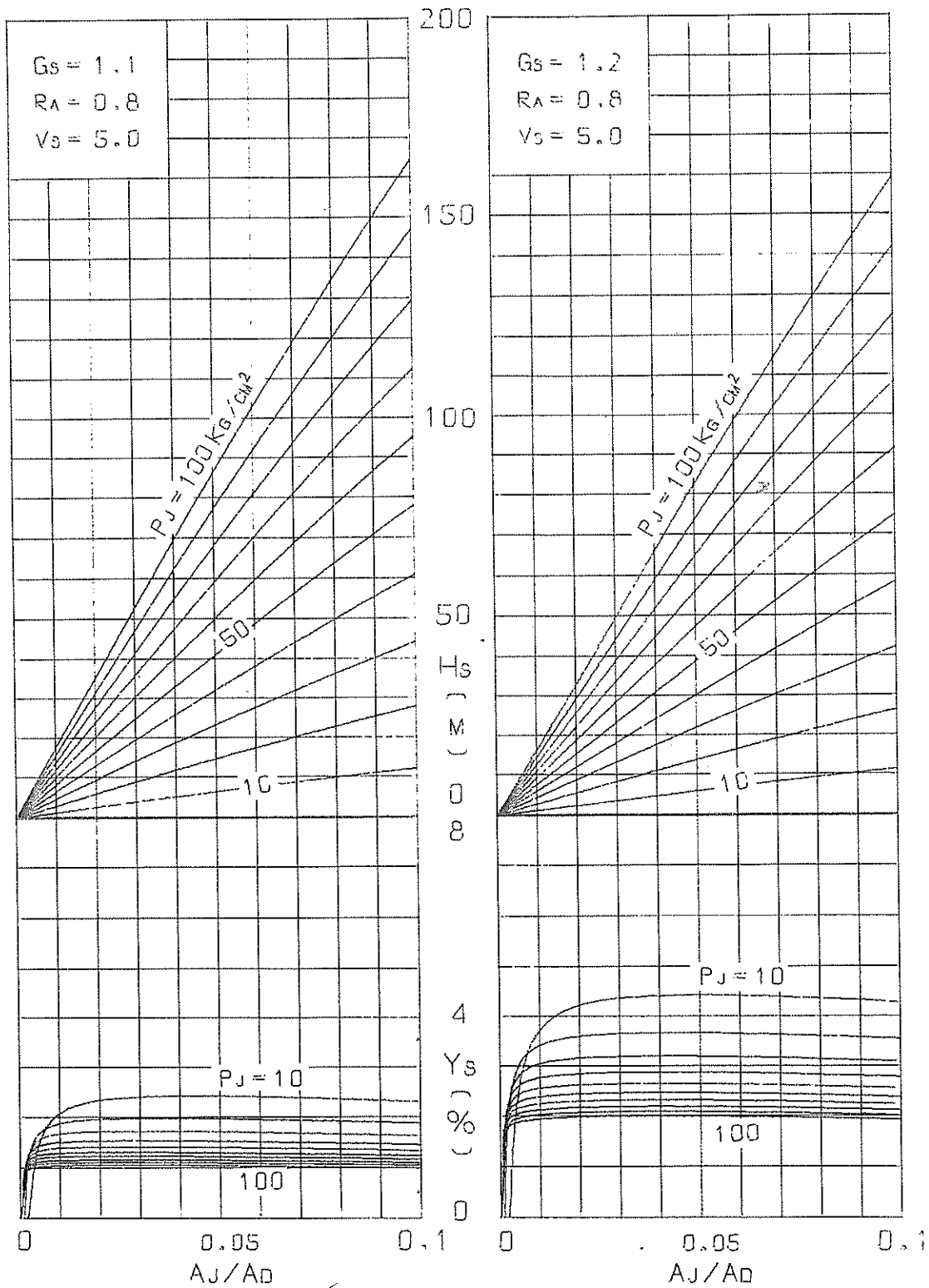
図表 - 44 揚程と効率 ($V_s = 5 m/s$)



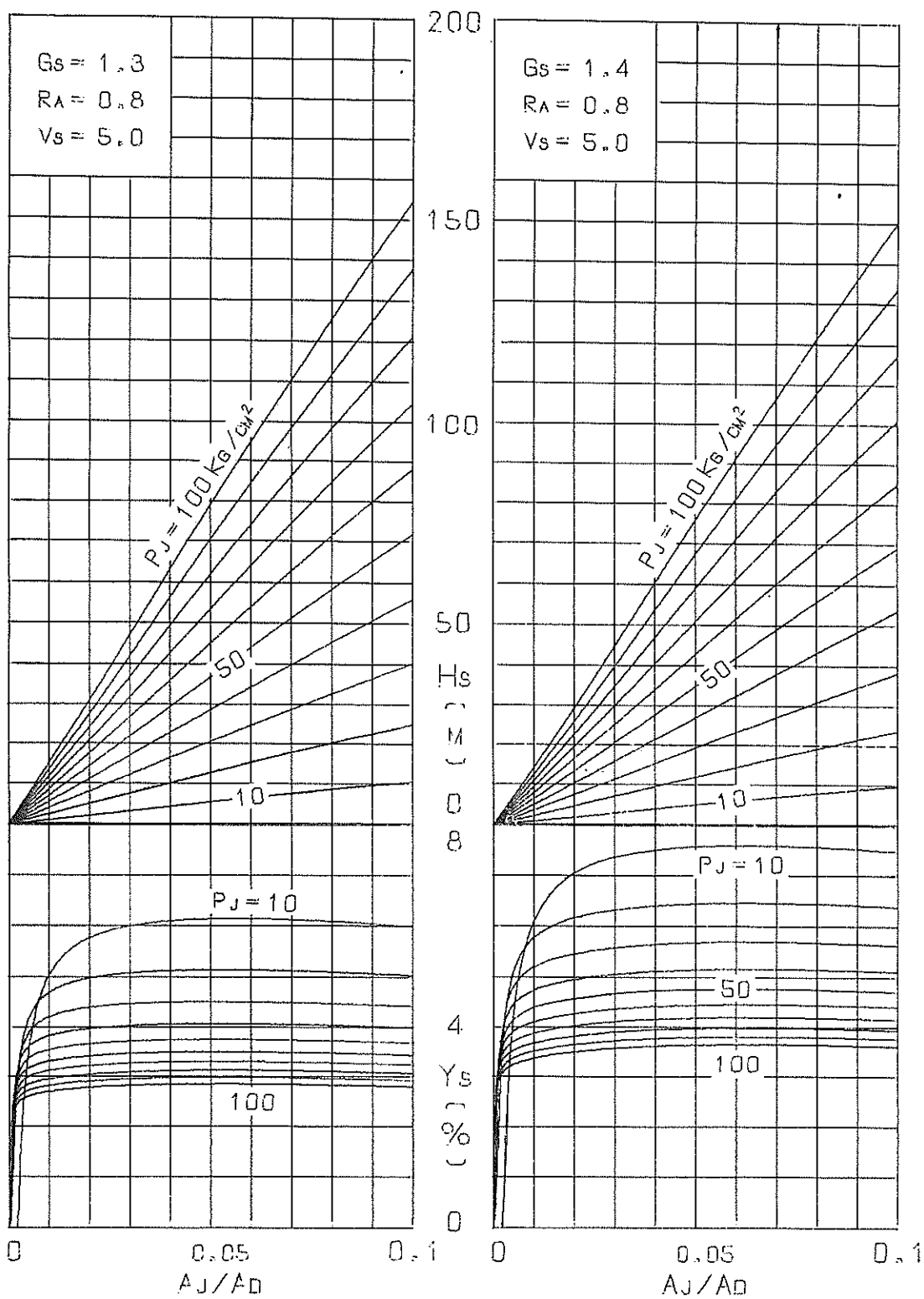
図表-45 揚程と効率 ($V_s = 5 \text{ m/s}$)



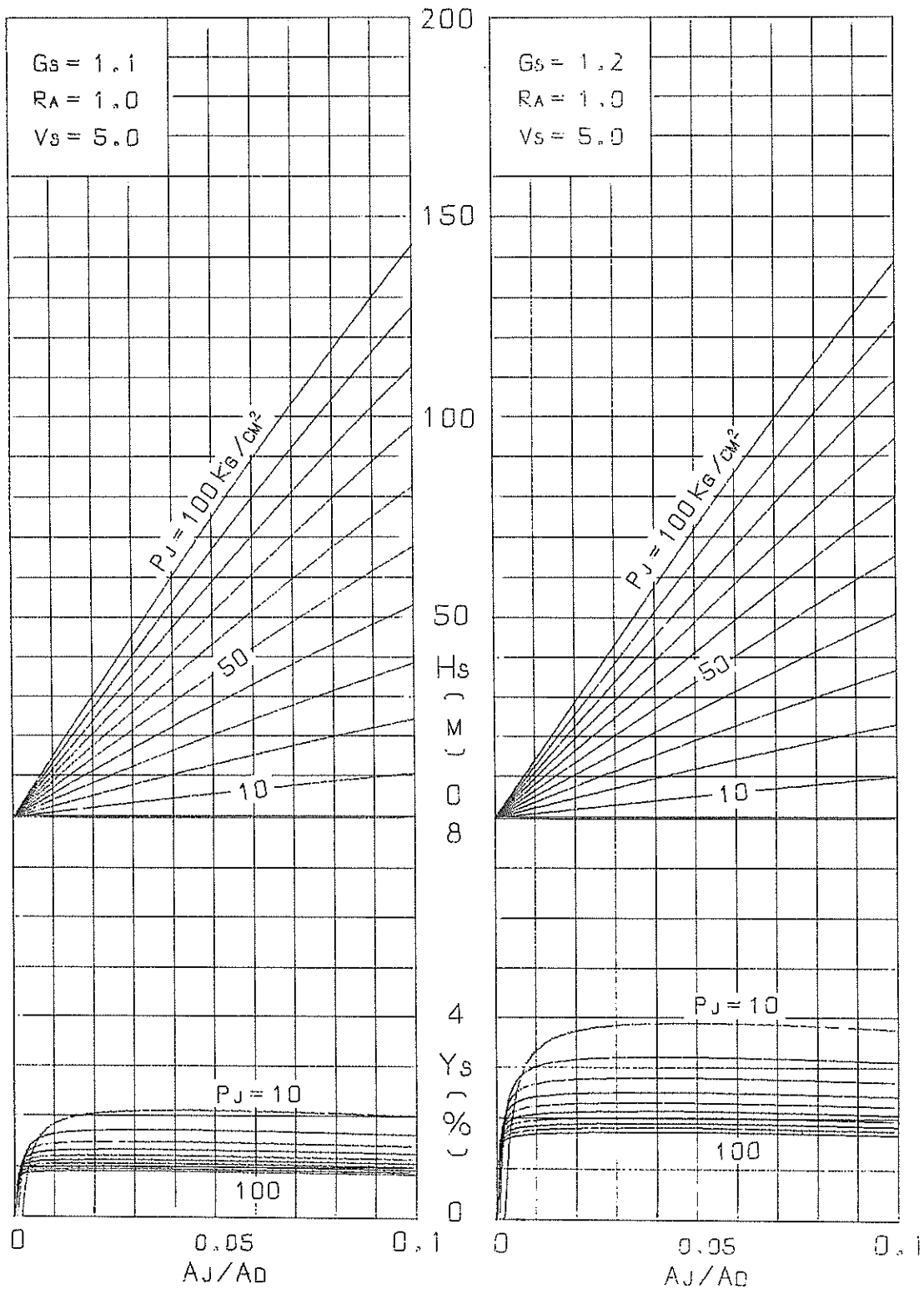
図表-46 揚程と効率 ($V_s = 5 \text{ m/s}$)



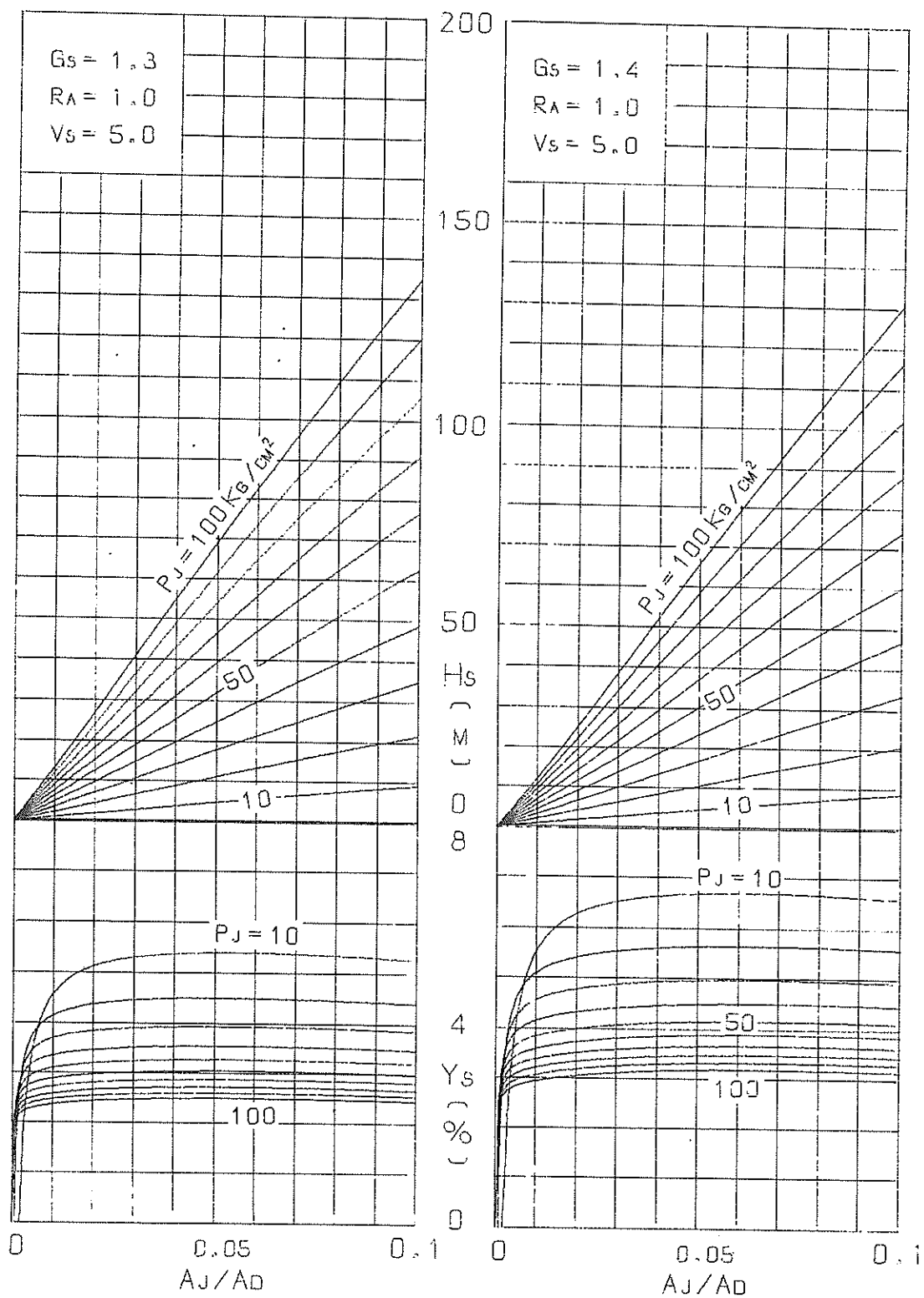
図表-47 揚程と効率 ($V_s = 5 \text{ m/s}$)



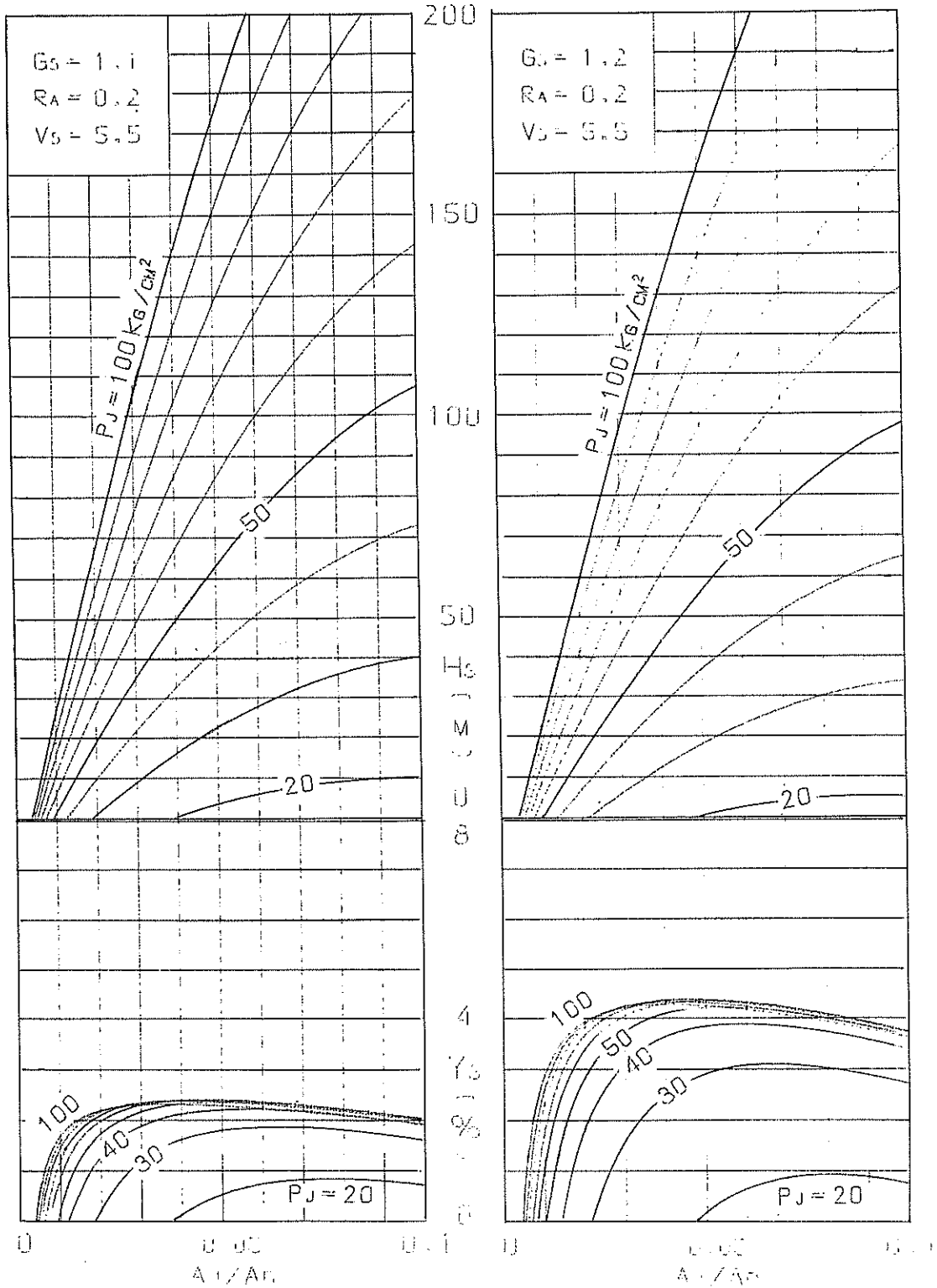
図表 - 48 揚程と効率 ($V_s = 5 \text{ m/s}$)



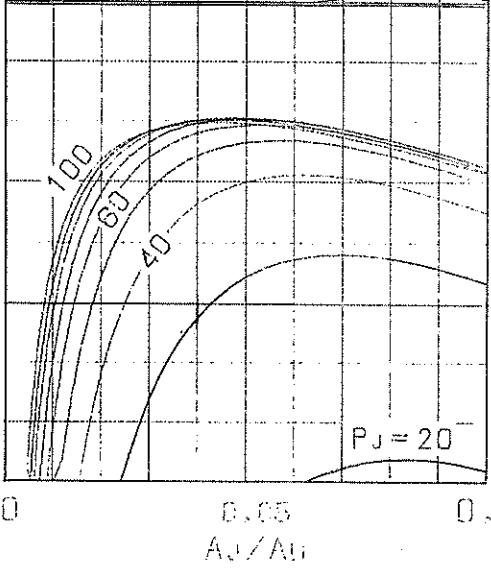
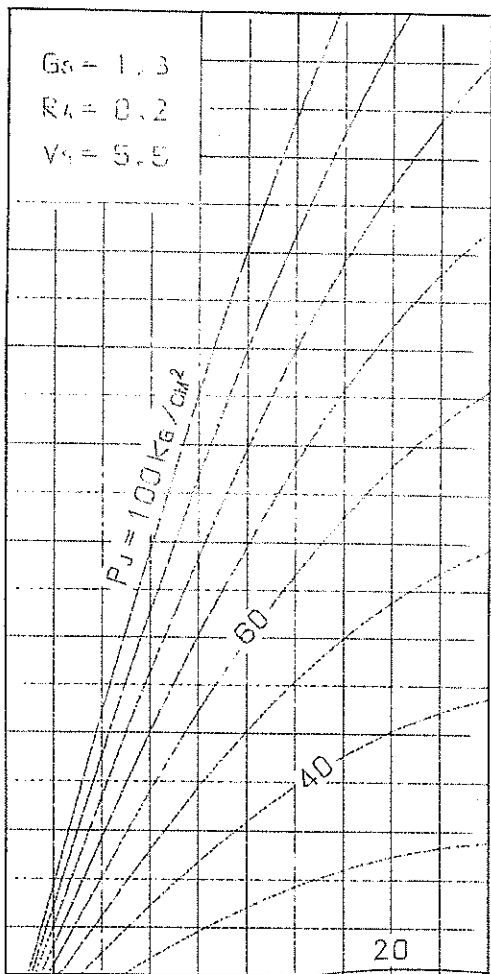
図表 - 49 揚程と効率 ($V_s = 5 \text{ m/s}$)



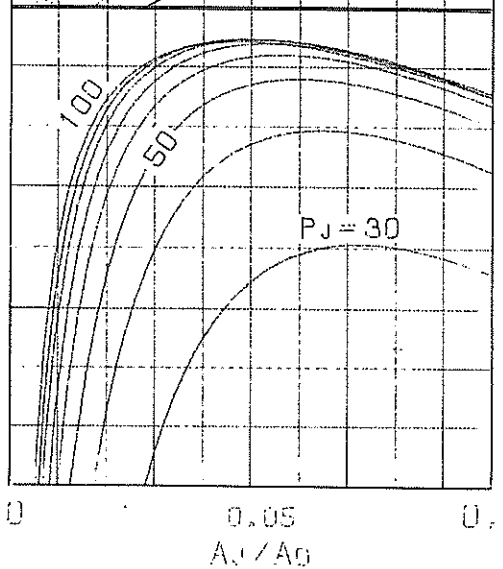
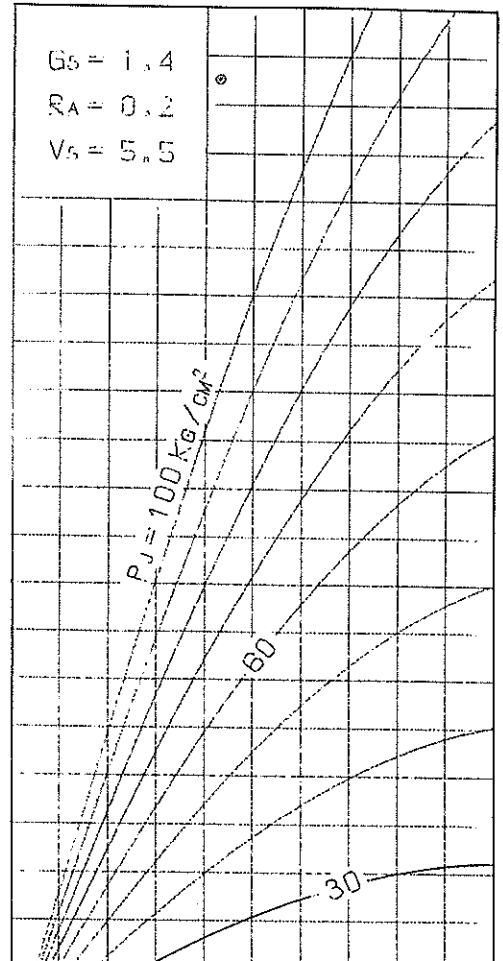
図表 - 50 揚程と効率 ($V_s = 5 \text{ m/s}$)



図表-51 揚程と効率 ($V_s = 5.5 \text{ m/s}$)

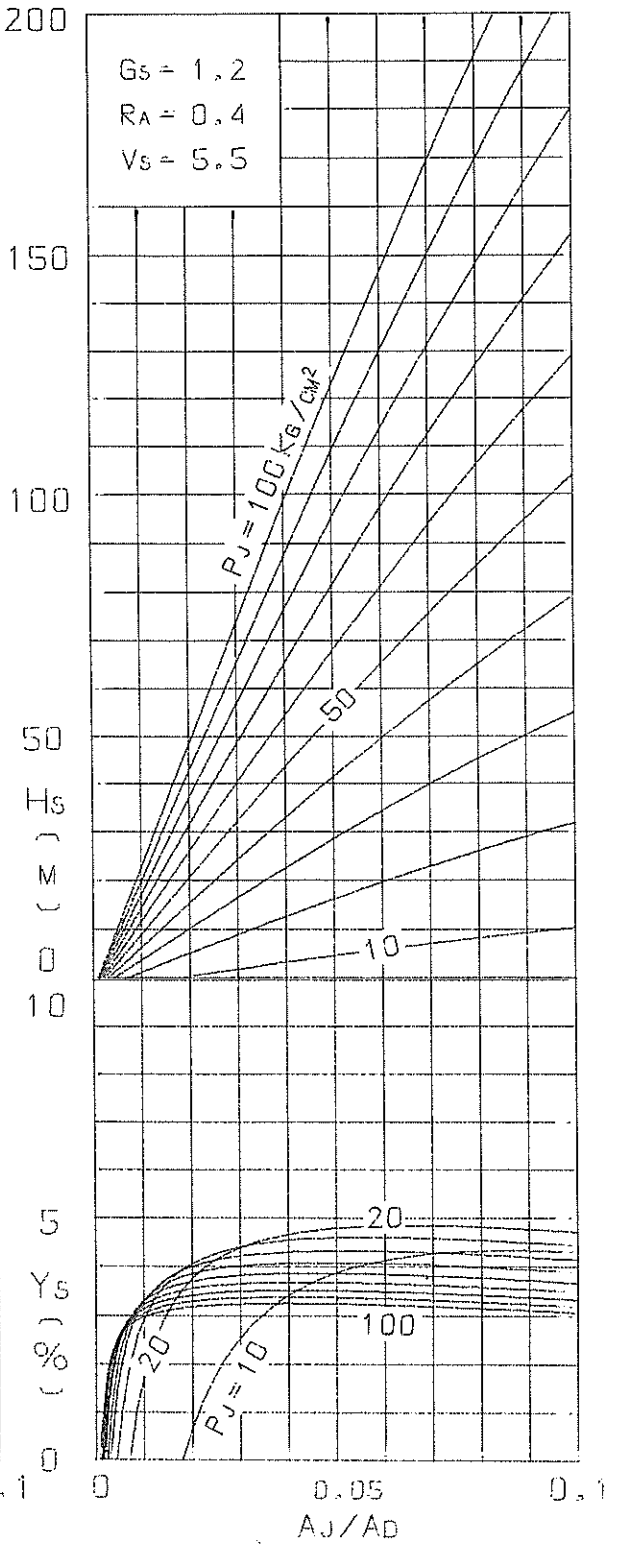
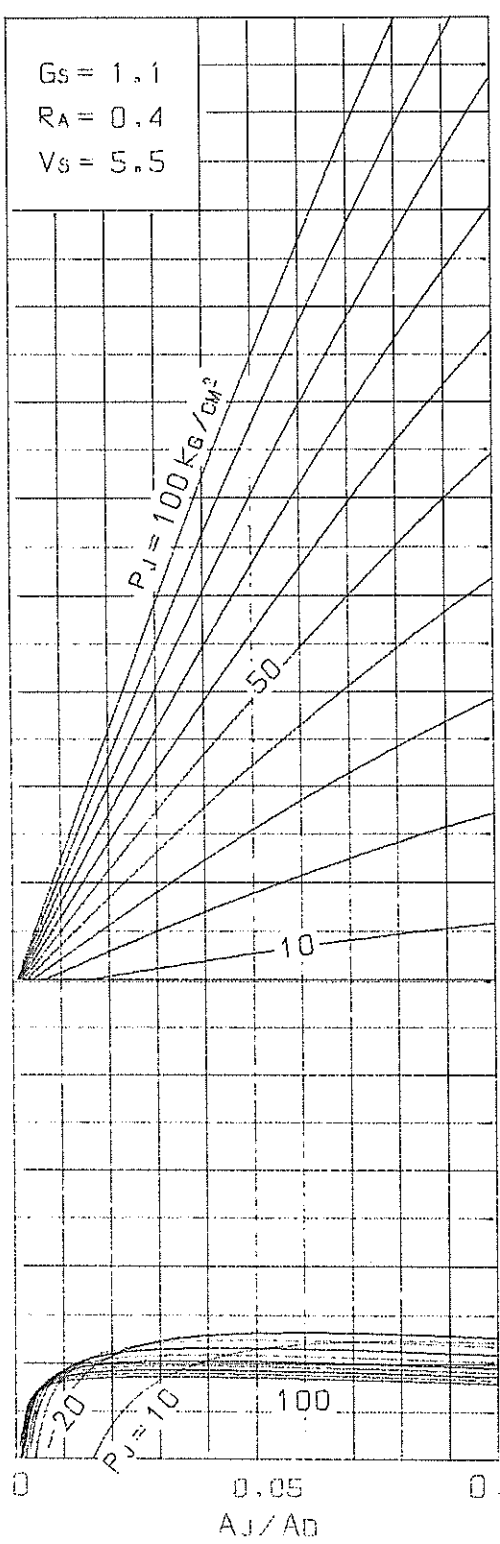


200
150
100
50
 H_0 (M)
0
0
4
 η (%)
0

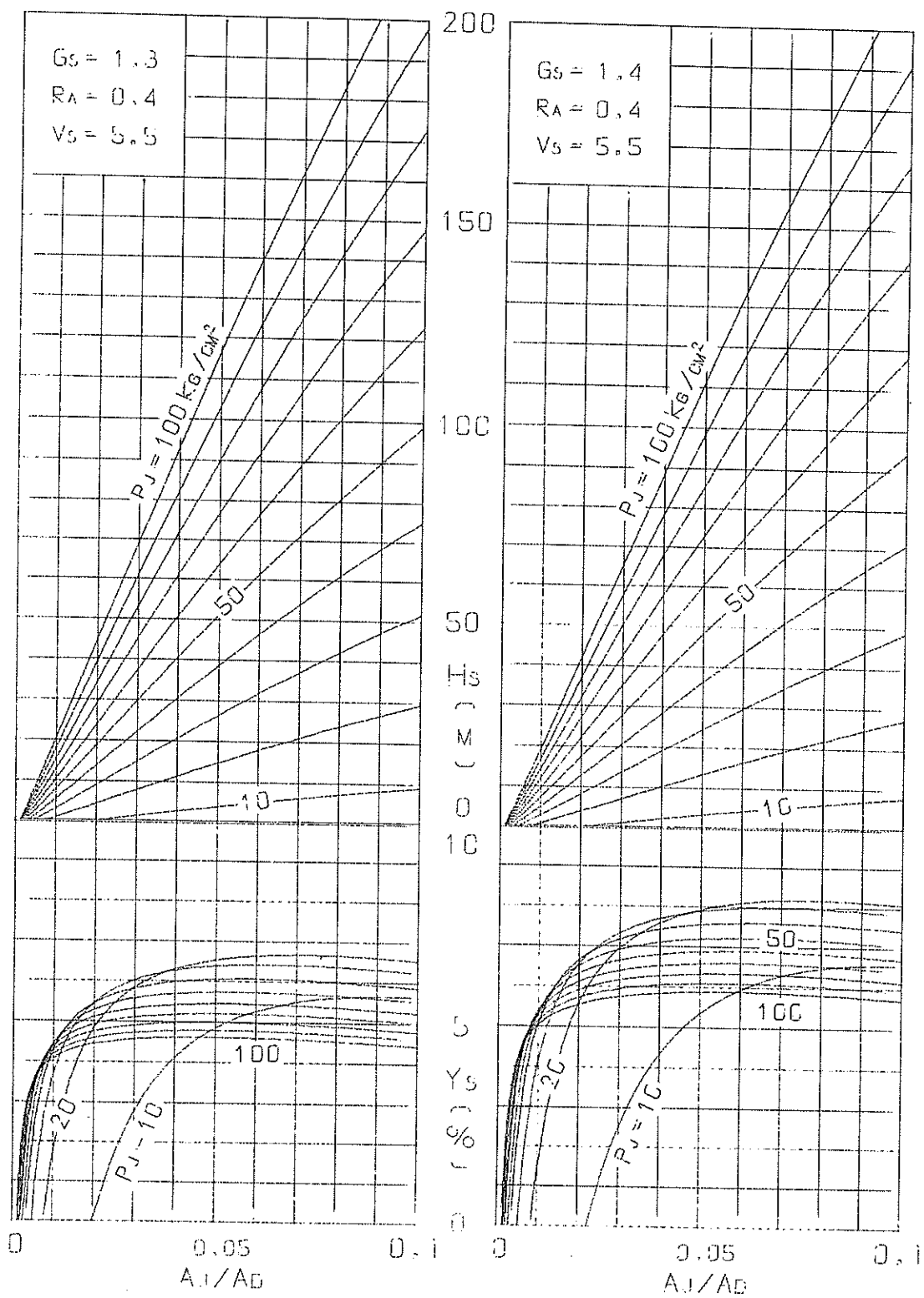


0 0.05 0.1 0 0.05 0.1
 A_1/A_0 A_1/A_0

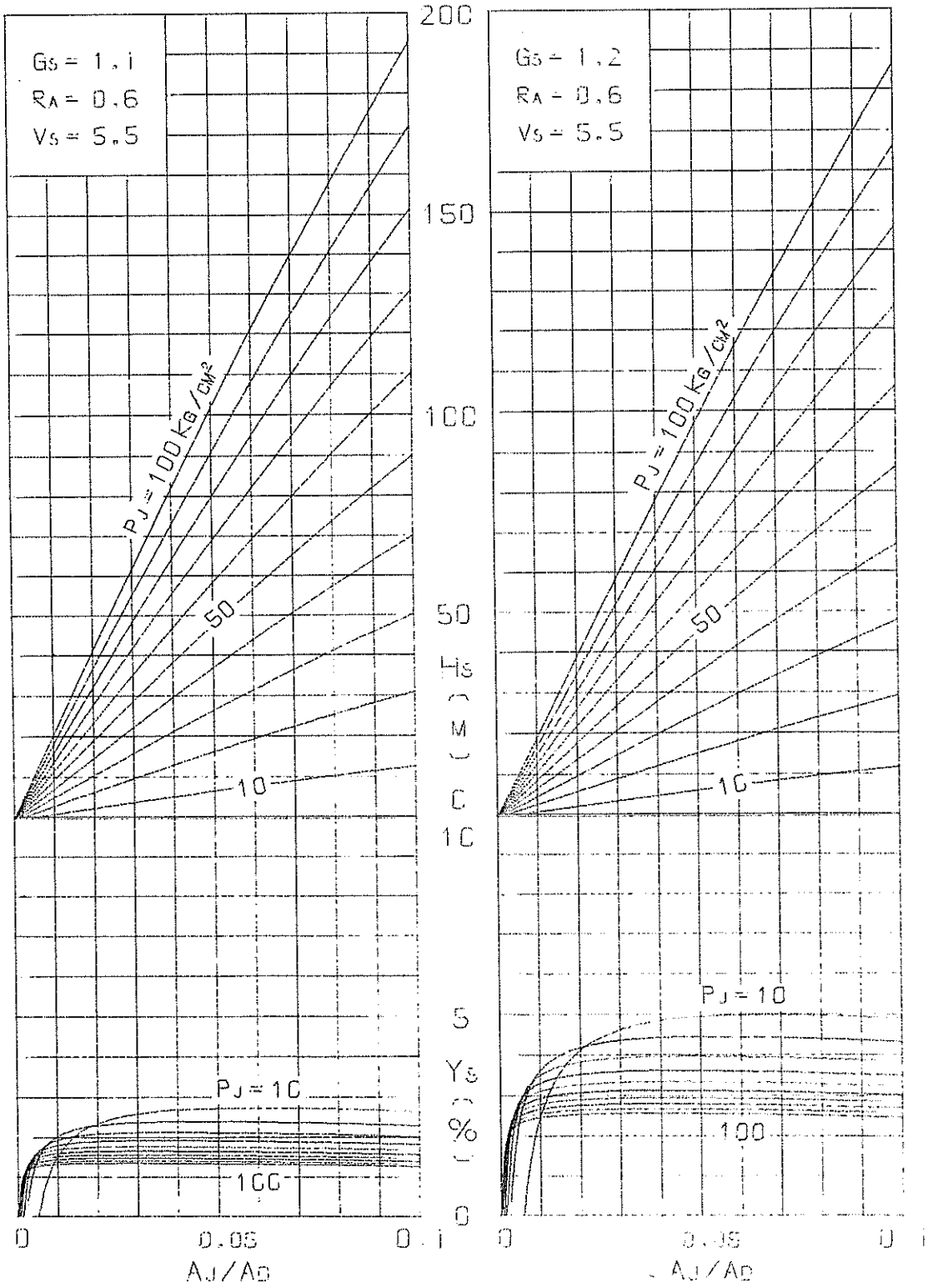
図表 - 52 揚程と効率 ($V_s = 5.5 \text{ m/s}$)



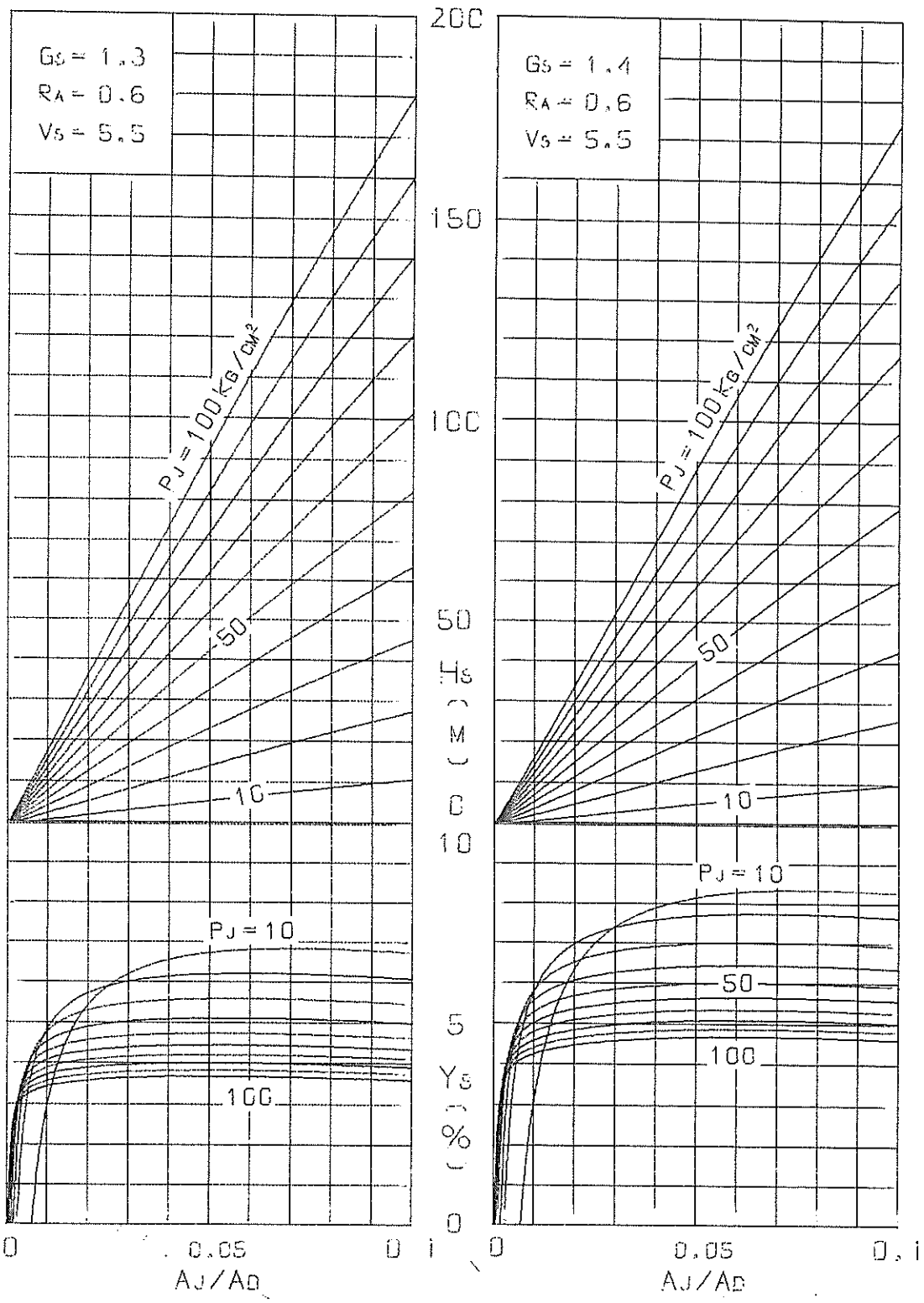
図表 - 53 揚程と効率 ($V_s = 5.5 \text{ m/s}$)



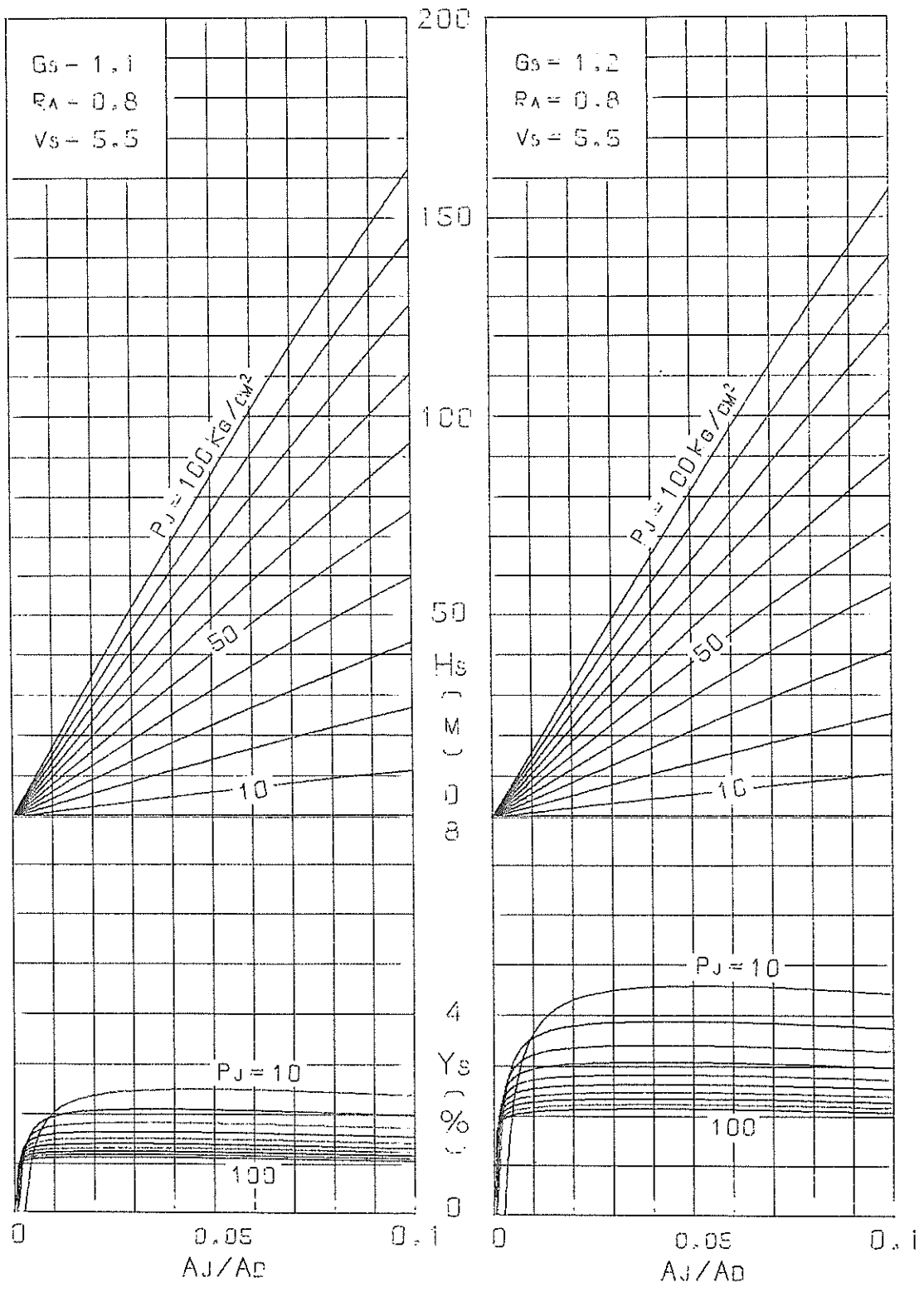
図表 - 54 揚程と効率 ($V_s = 5.5 \text{ m/s}$)



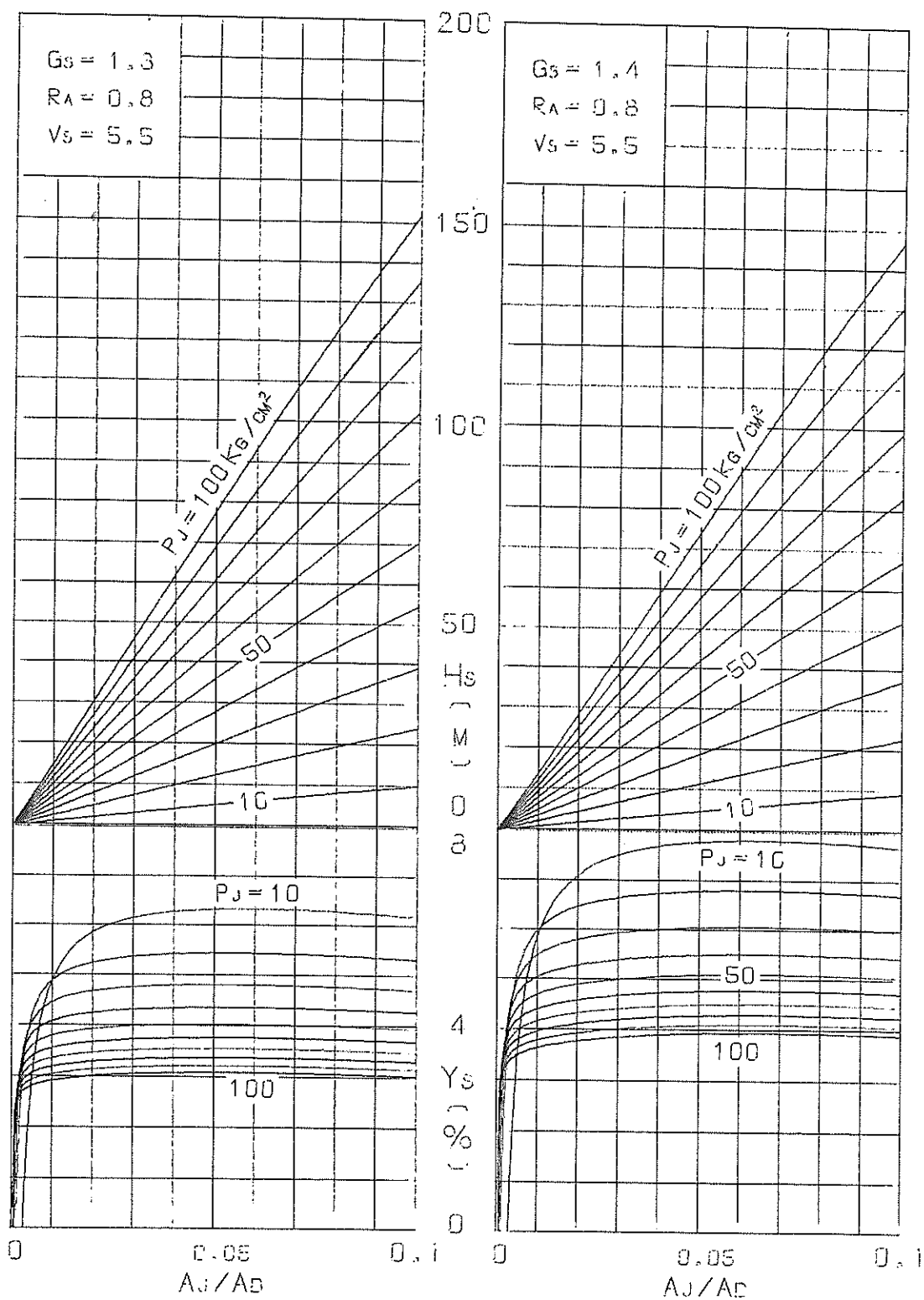
図表 - 55 揚程と効率 ($V_s = 5.5 \text{ m/s}$)



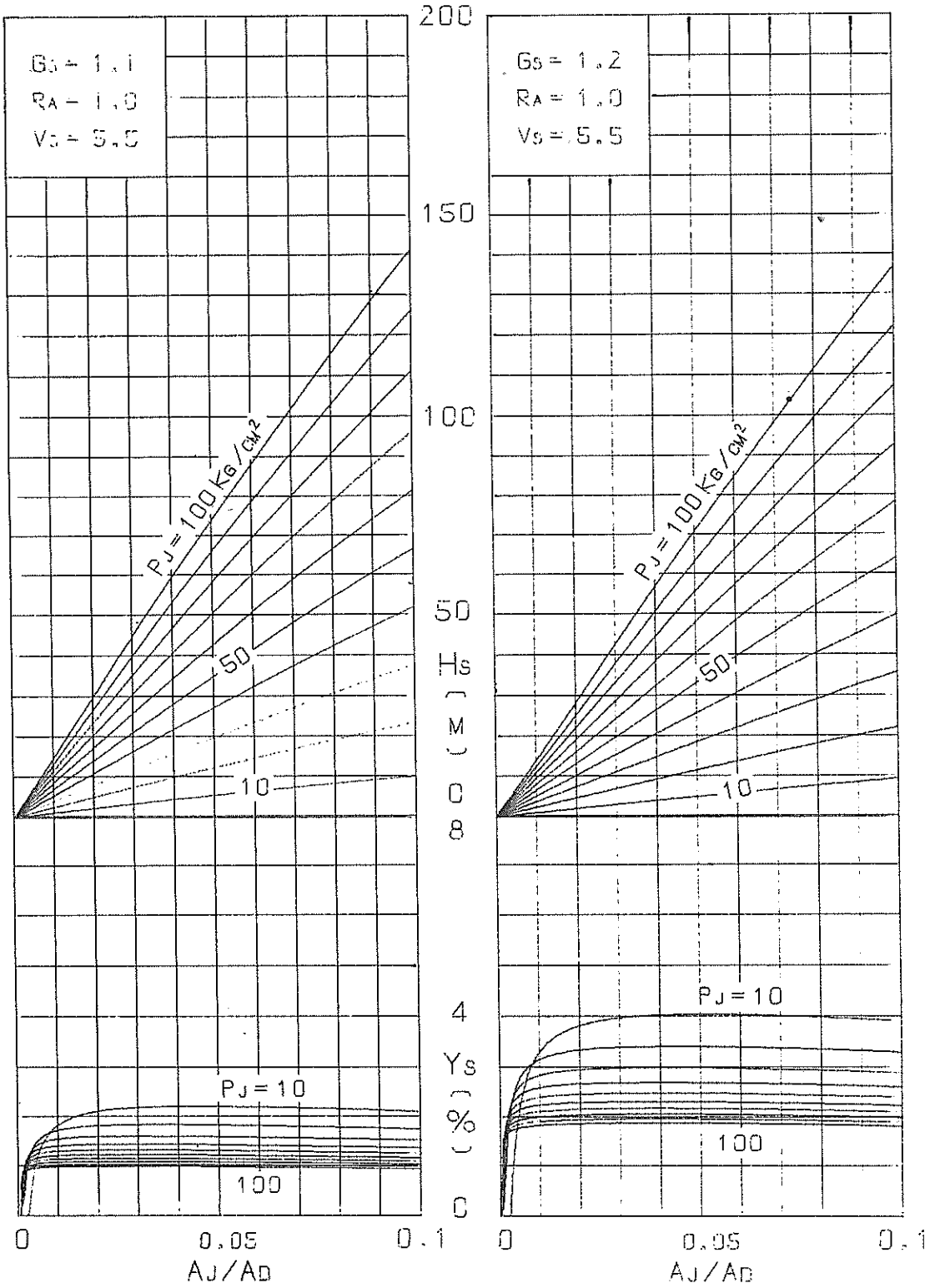
図表 - 56 揚程と効率 ($V_s = 5.5 m/s$)



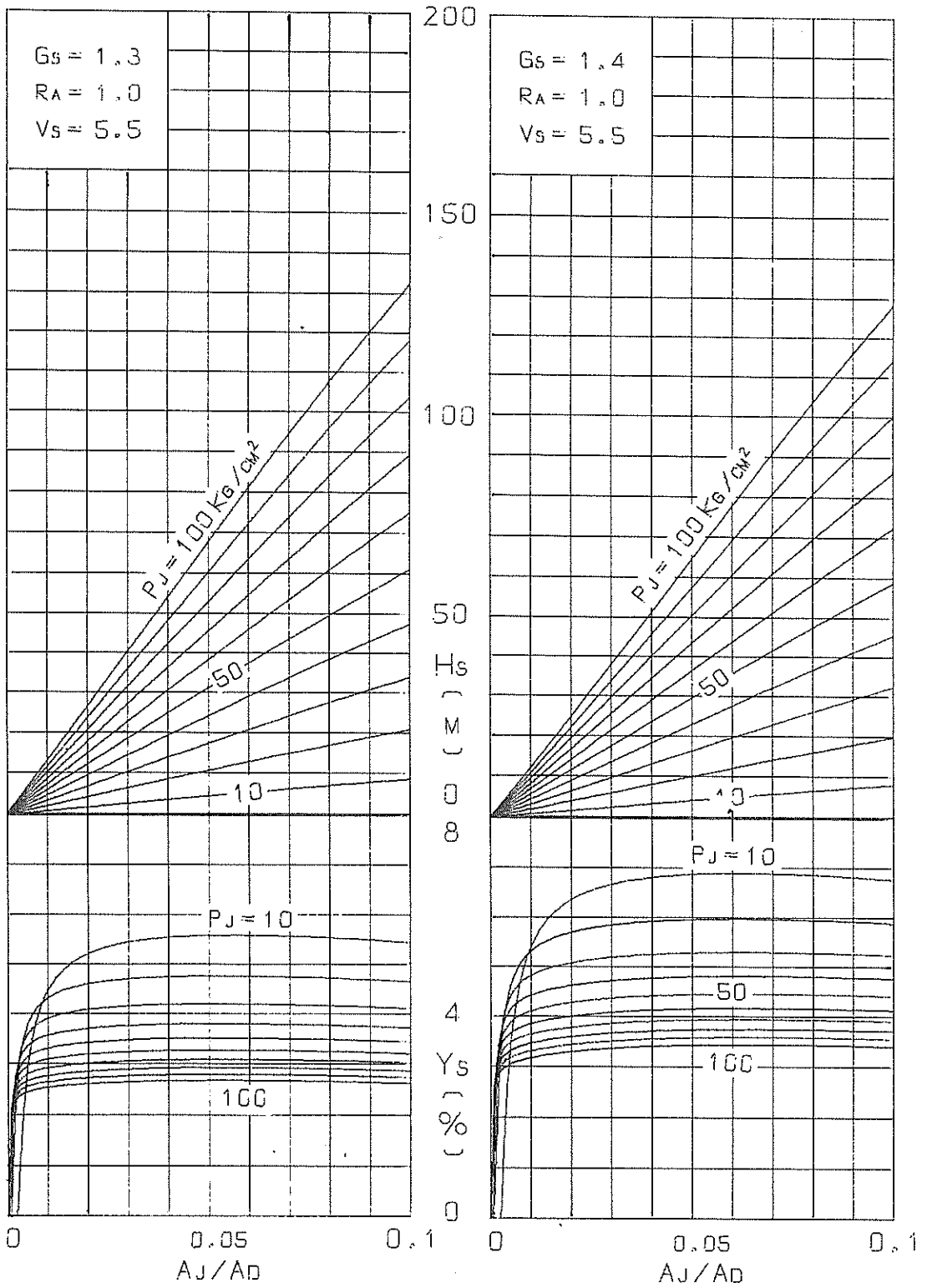
図表 - 57 揚程と効率 ($V_s = 5.5 \text{ m/s}$)



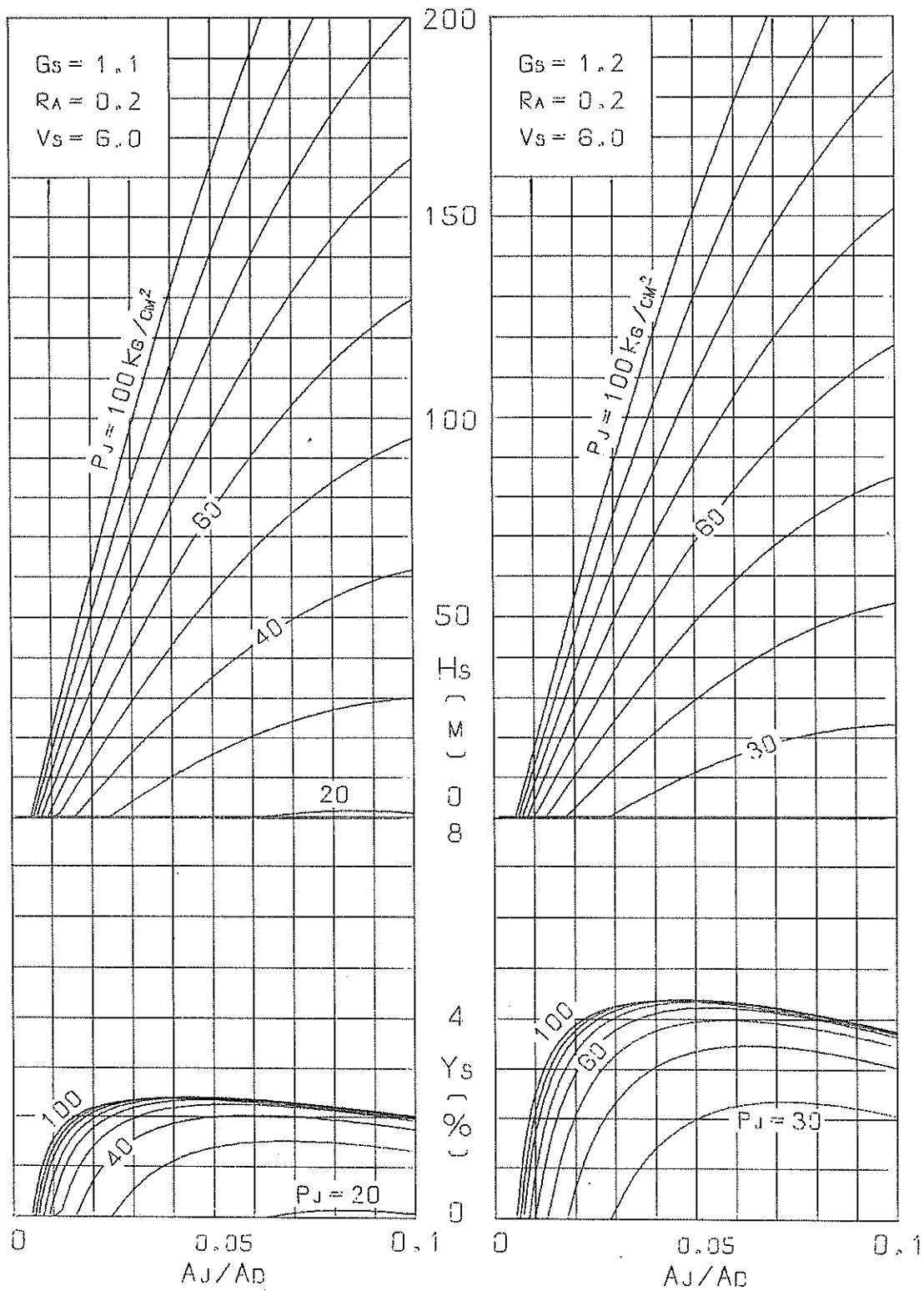
図表-58 揚程と効率 ($V_s = 5.5 \text{ m/s}$)



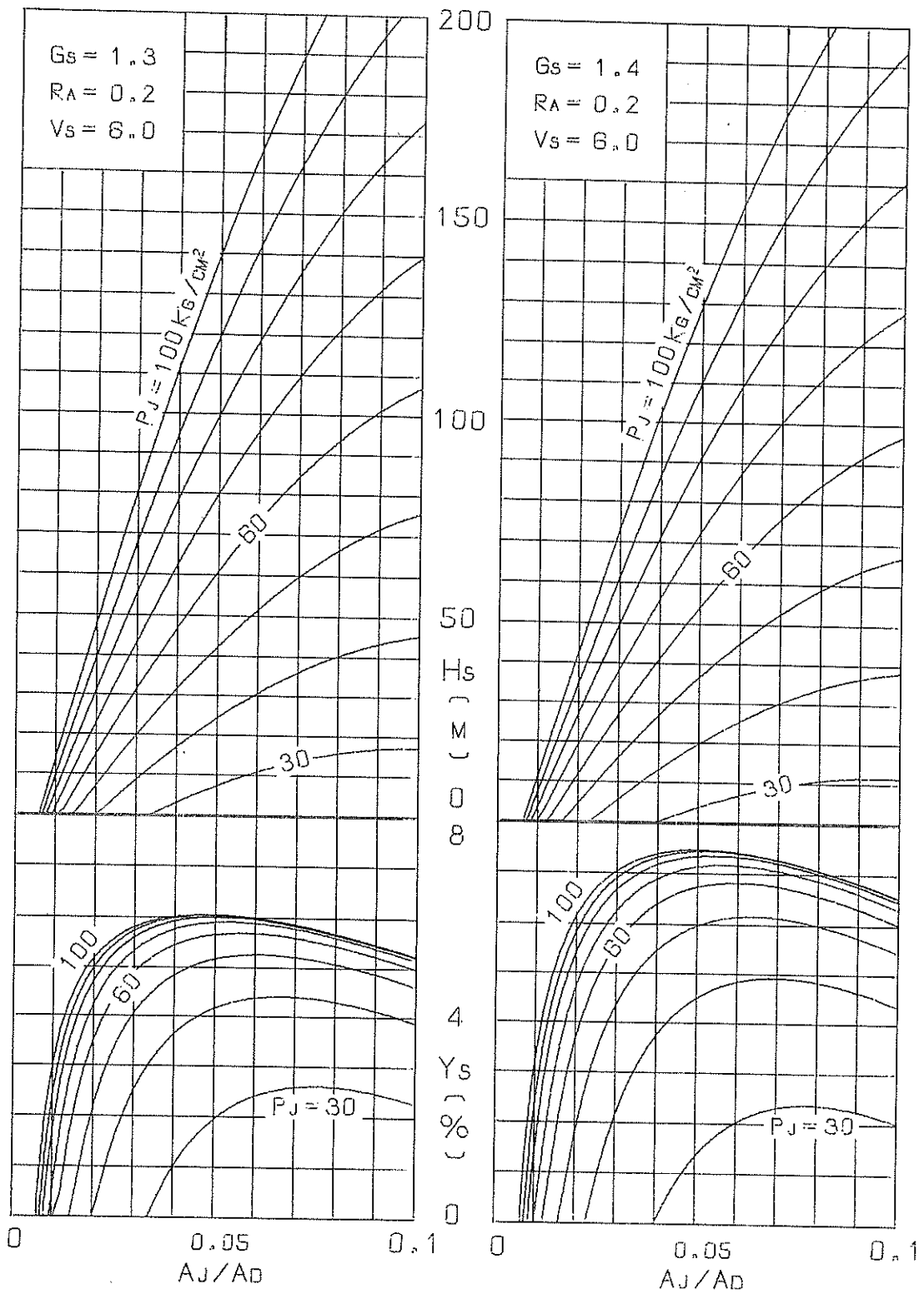
図表-59 揚程と効率 ($V_s = 5.5 m/s$)



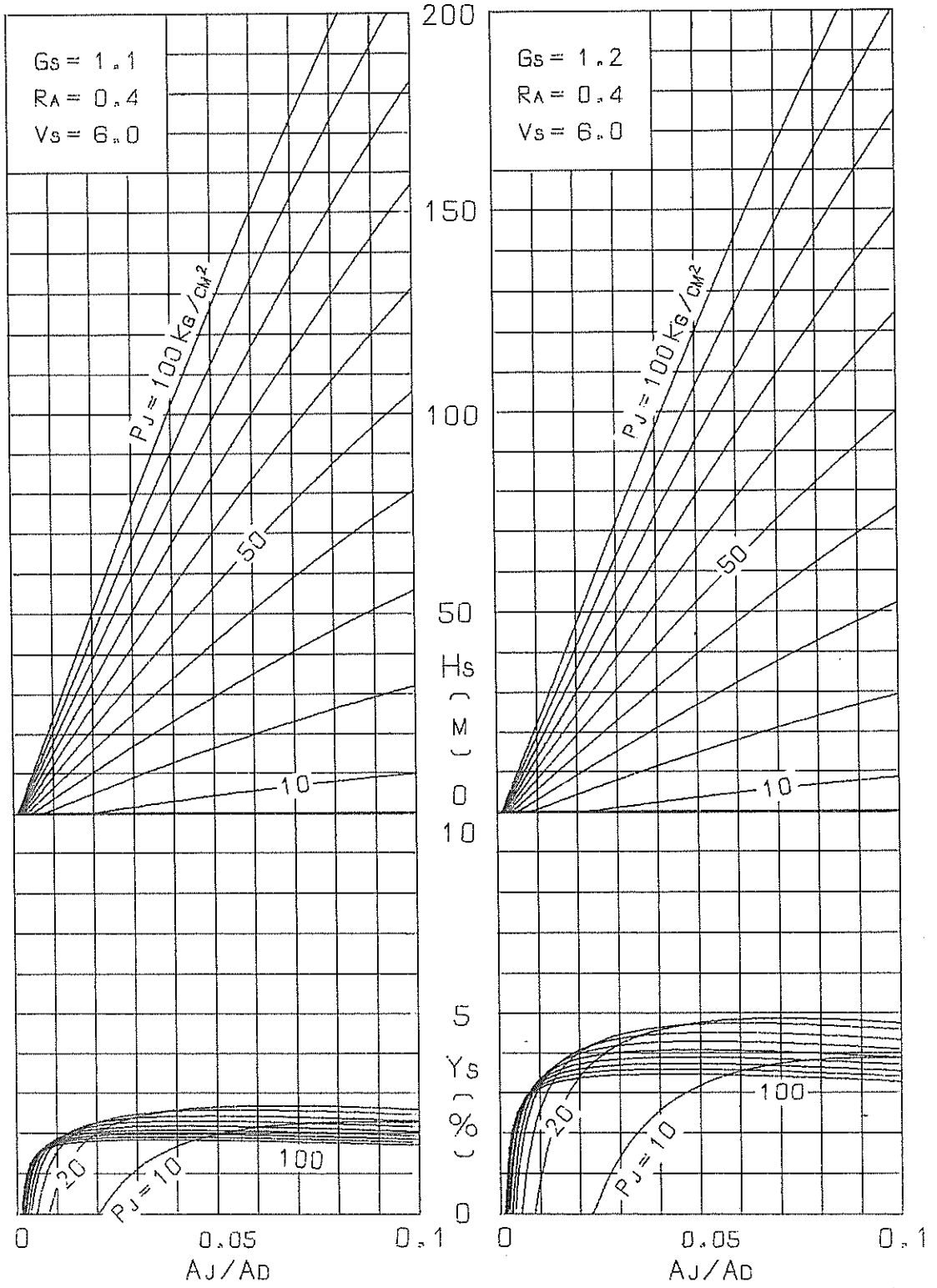
図表-60 揚程と効率 ($V_s = 5.5 m/s$)



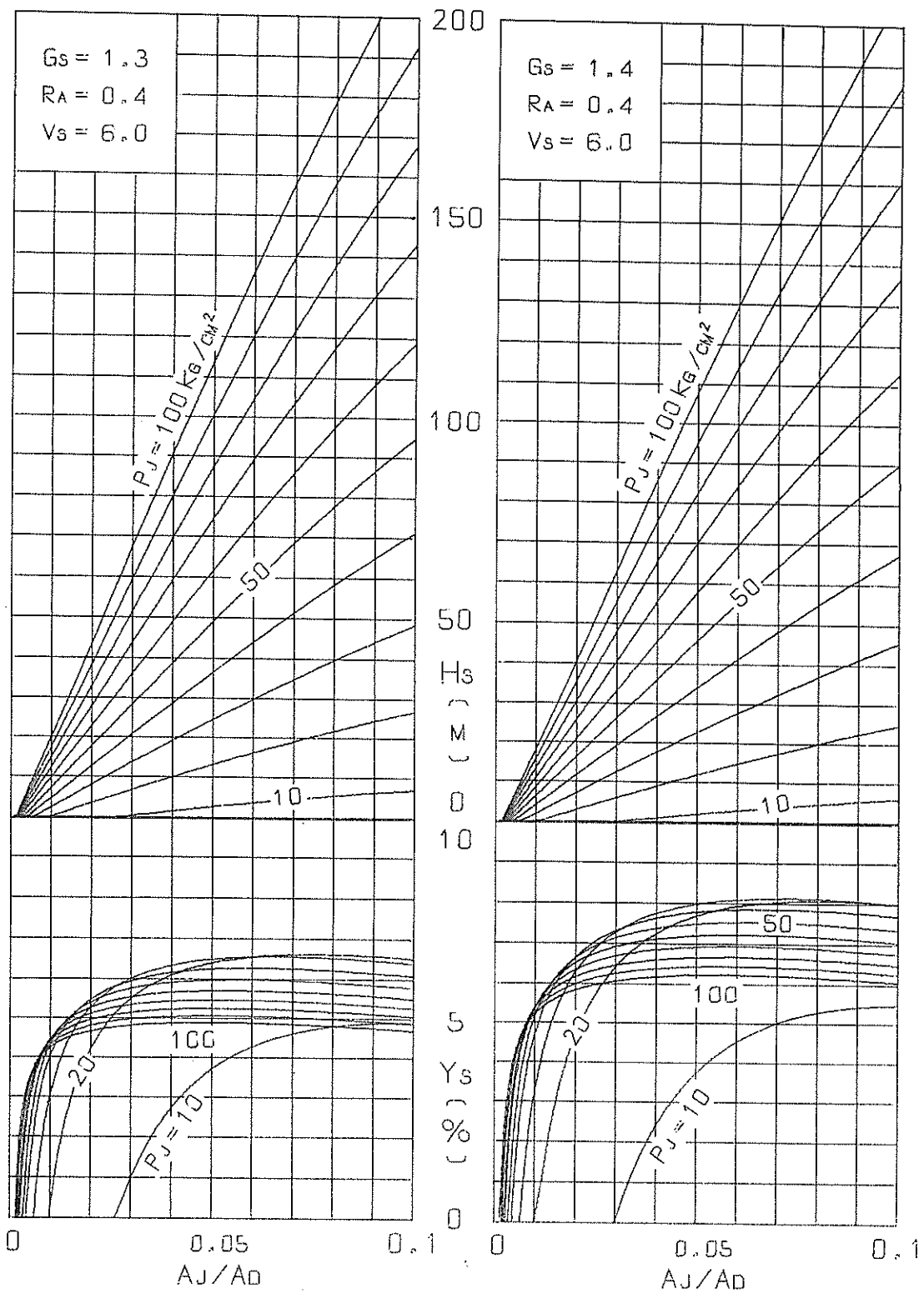
図表-61 揚程と効率 ($V_s = 6 m/s$)



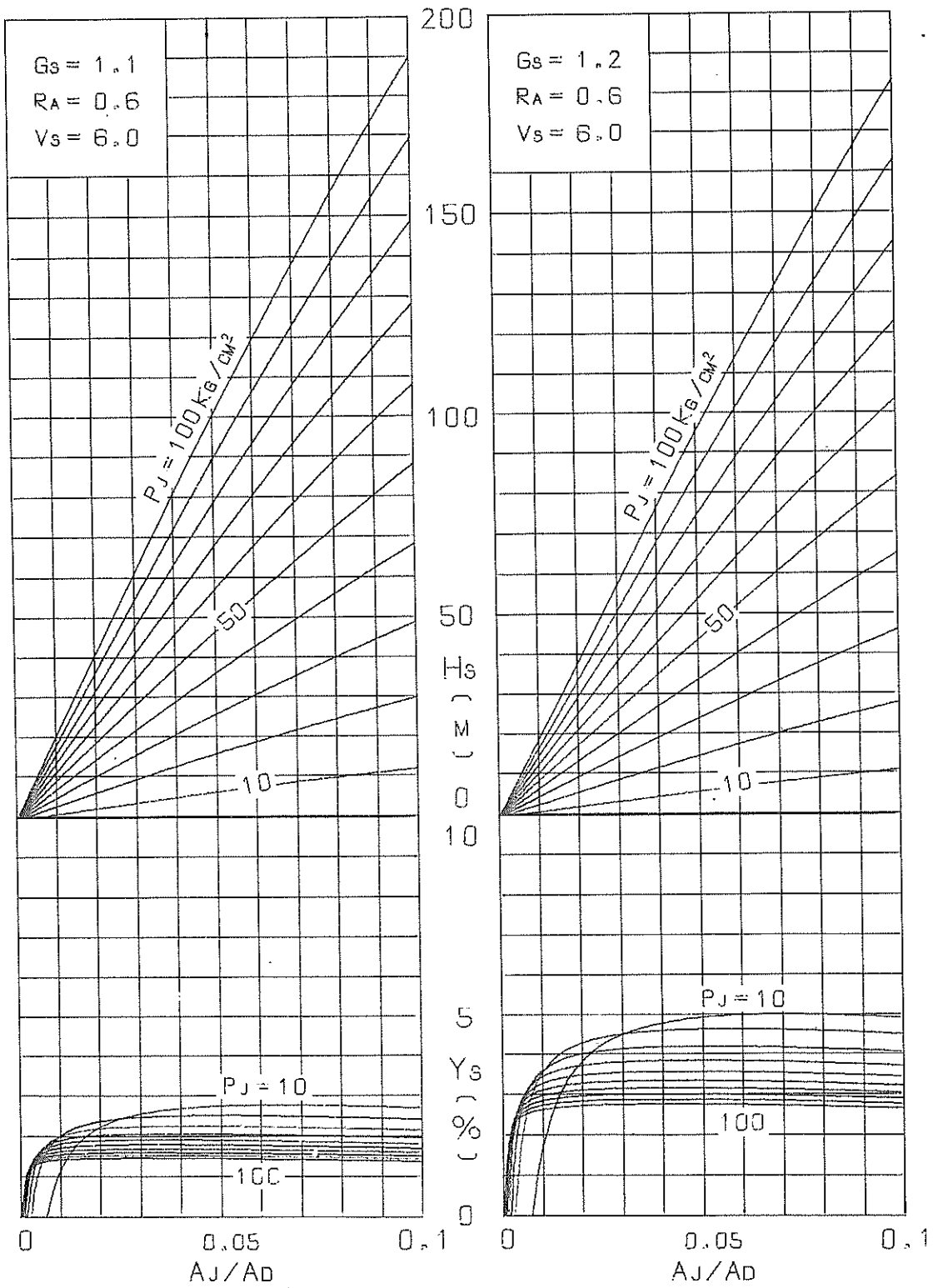
図表-62 揚程と効率 ($V_s = 6 \text{ m/s}$)



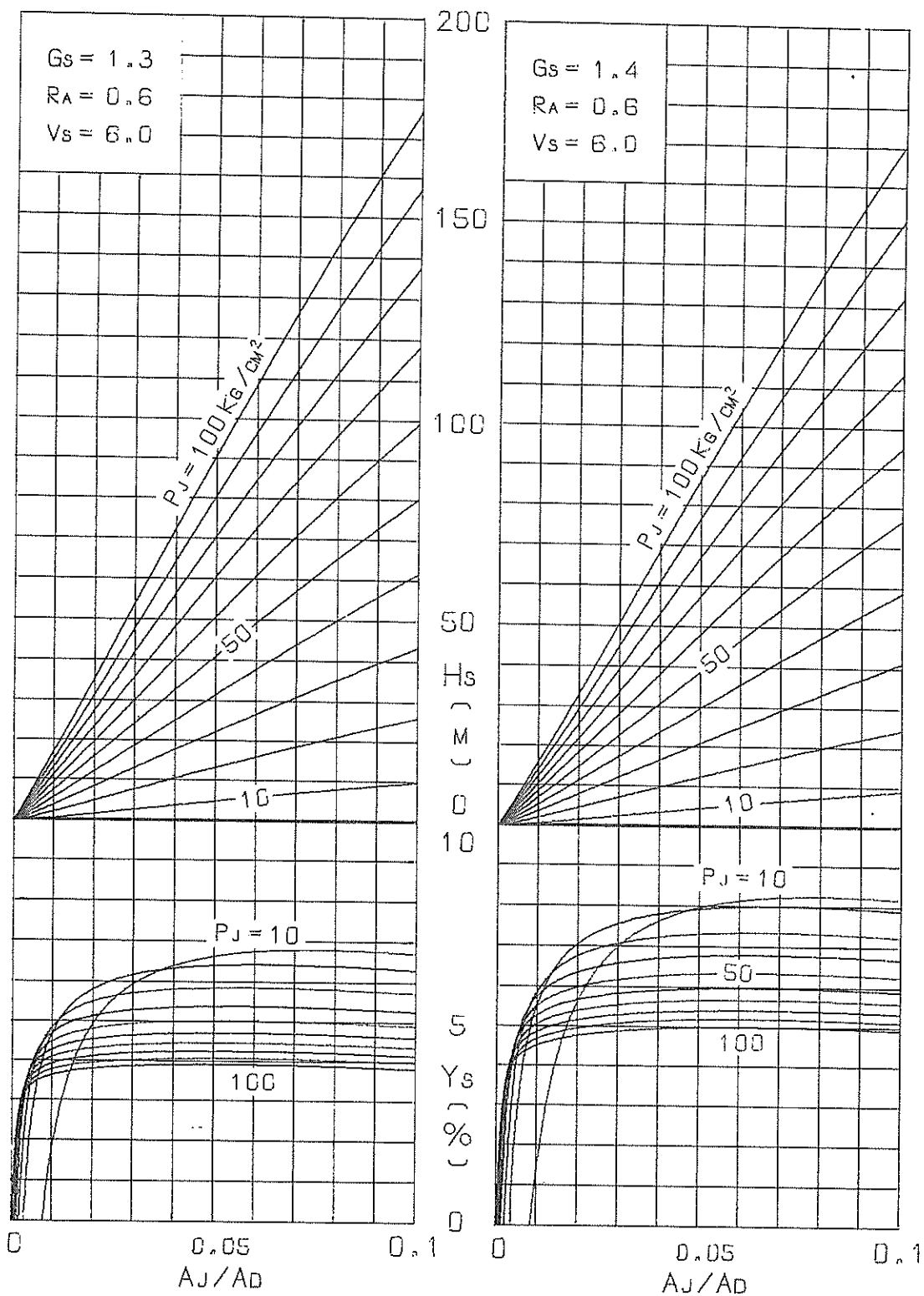
図表-63 揚程と効率 ($V_s = 6 \text{ m/s}$)



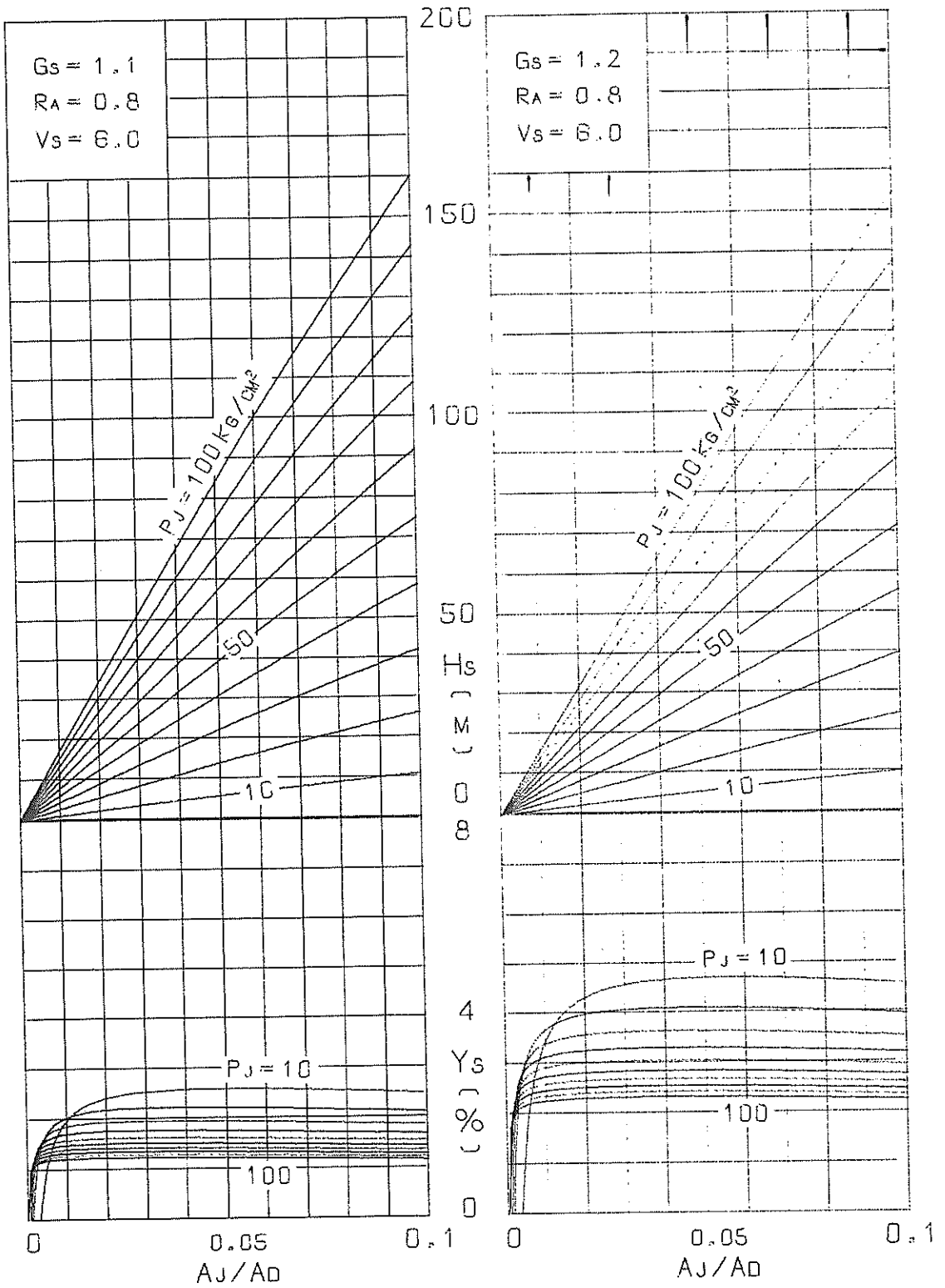
図表-64 揚程と効率 ($V_s = 6 \text{ m/s}$)



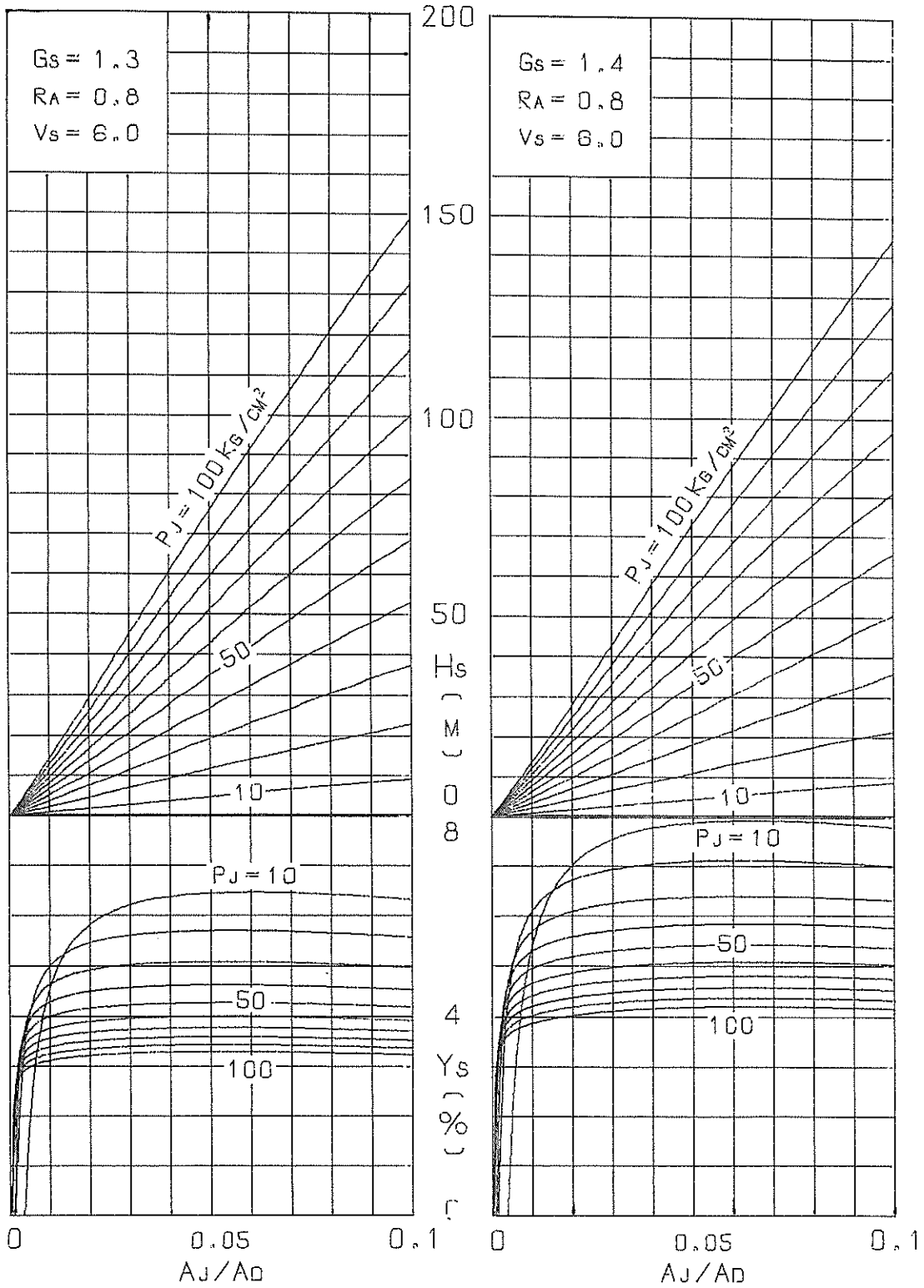
図表-65 揚程と効率 ($V_s = 6 \text{ m/s}$)



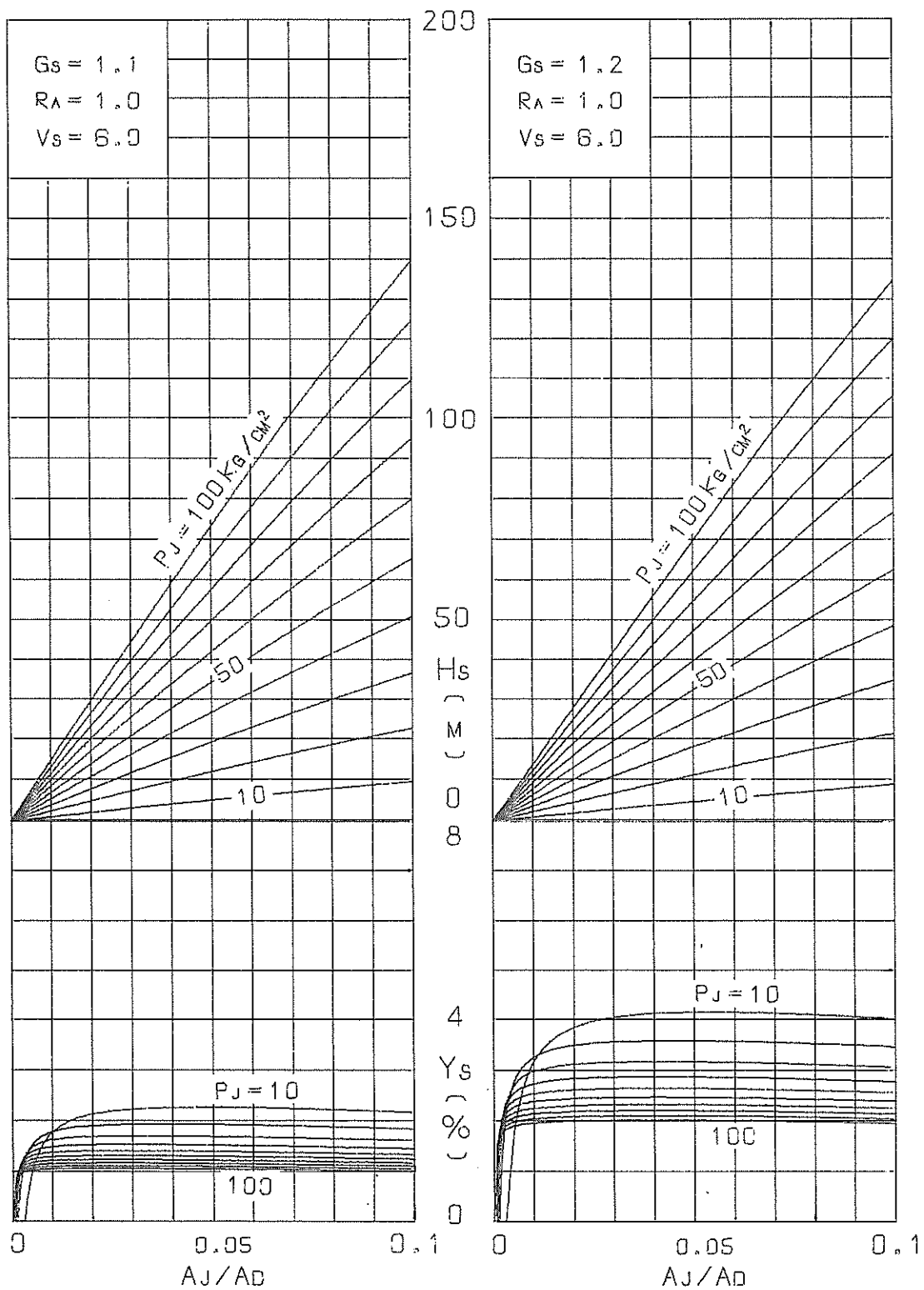
図表-66 揚程と効率 ($V_s = 6 \text{ m/s}$)



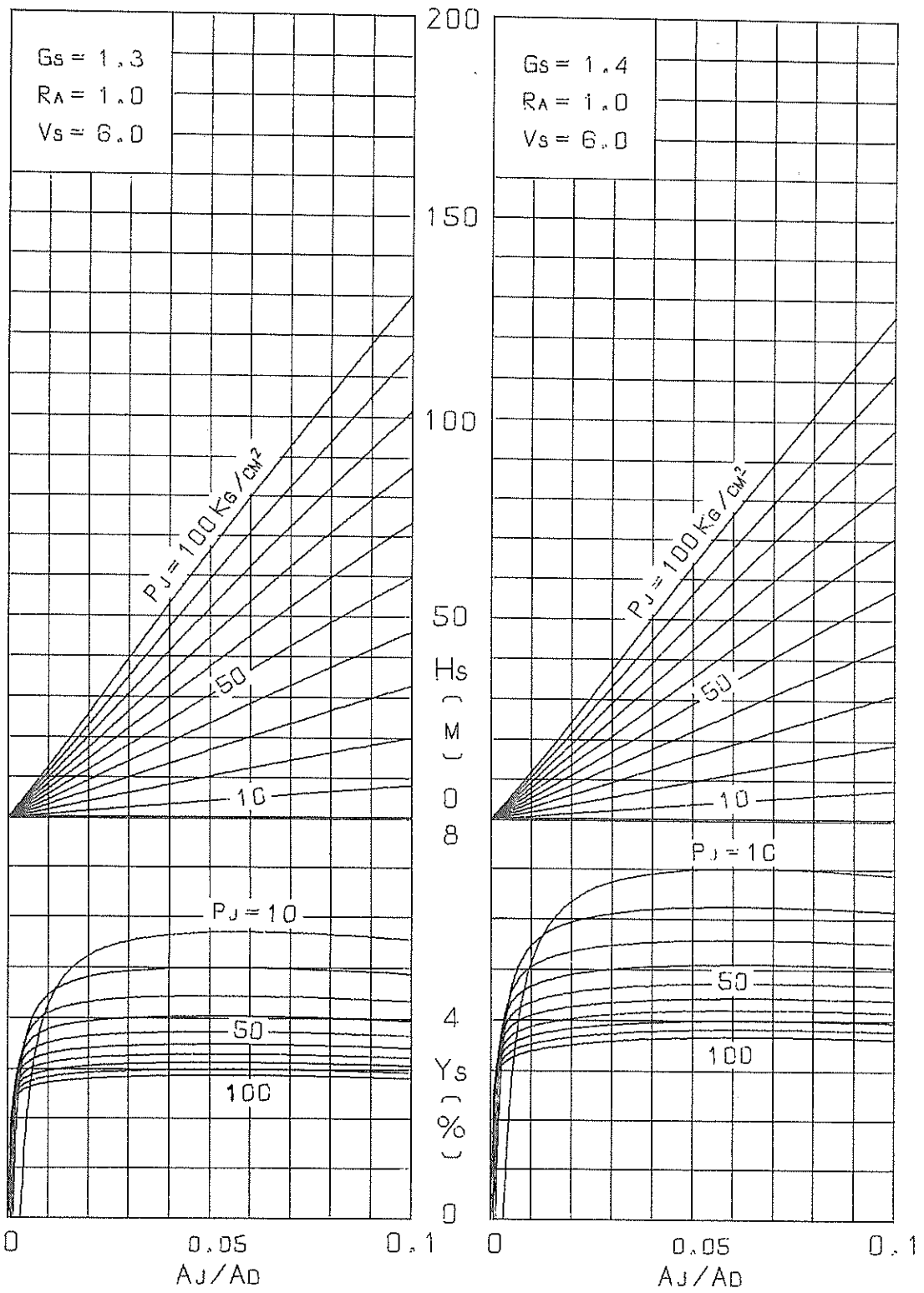
図表-67 揚程と効率 ($V_s = 6 \text{ m/s}$)



図表-68 揚程と効率 ($V_s = 6 \text{ m/s}$)



図表-69 揚程と効率 ($V_s = 6 \text{ m/s}$)



図表-70 揚程と効率 ($V_s = 6 \text{ m/s}$)

面積比		駆動圧力 P_j (Kg/cm ²)									
Ra	A_j/Ad	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.2	0.01	0.08	0.12	0.15	0.17	0.19	0.21	0.22	0.24	0.25	0.27
	0.02	0.17	0.24	0.29	0.34	0.38	0.41	0.45	0.48	0.51	0.53
	0.03	0.25	0.36	0.44	0.51	0.57	0.62	0.67	0.72	0.76	0.80
	0.04	0.34	0.48	0.59	0.68	0.76	0.83	0.89	0.96	1.01	1.07
	0.05	0.42	0.60	0.73	0.85	0.95	1.04	1.12	1.20	1.27	1.34
	0.06	0.51	0.72	0.88	1.01	1.13	1.24	1.34	1.44	1.52	1.60
	0.07	0.59	0.84	1.03	1.18	1.32	1.45	1.57	1.67	1.78	1.87
	0.08	0.68	0.96	1.17	1.35	1.51	1.66	1.79	1.91	2.03	2.14
	0.09	0.76	1.08	1.32	1.52	1.70	1.86	2.01	2.15	2.28	2.41
	0.10	0.85	1.20	1.46	1.69	1.89	2.07	2.24	2.39	2.54	2.67
0.4	0.01	0.17	0.24	0.29	0.34	0.38	0.41	0.45	0.48	0.51	0.53
	0.02	0.34	0.48	0.59	0.68	0.76	0.83	0.89	0.96	1.01	1.07
	0.03	0.51	0.72	0.88	1.01	1.13	1.24	1.34	1.44	1.52	1.60
	0.04	0.68	0.96	1.17	1.35	1.51	1.66	1.79	1.91	2.03	2.14
	0.05	0.85	1.20	1.46	1.69	1.89	2.07	2.24	2.39	2.54	2.67
	0.06	1.01	1.44	1.76	2.03	2.27	2.49	2.68	2.87	3.04	3.21
	0.07	1.18	1.67	2.05	2.37	2.65	2.90	3.13	3.35	3.55	3.74
	0.08	1.35	1.91	2.34	2.71	3.03	3.31	3.58	3.83	4.06	4.28
	0.09	1.52	2.15	2.64	3.04	3.40	3.73	4.03	4.31	4.57	4.81
	0.10	1.69	2.39	2.93	3.38	3.78	4.14	4.47	4.78	5.07	5.35
0.6	0.01	0.25	0.36	0.44	0.51	0.57	0.62	0.67	0.72	0.76	0.80
	0.02	0.51	0.72	0.88	1.01	1.13	1.24	1.34	1.44	1.52	1.60
	0.03	0.76	1.08	1.32	1.52	1.70	1.86	2.01	2.15	2.28	2.41
	0.04	1.01	1.44	1.76	2.03	2.27	2.49	2.68	2.87	3.04	3.21
	0.05	1.27	1.79	2.20	2.54	2.84	3.11	3.36	3.59	3.81	4.01
	0.06	1.52	2.15	2.64	3.04	3.40	3.73	4.03	4.31	4.57	4.81
	0.07	1.78	2.51	3.08	3.55	3.97	4.35	4.70	5.02	5.33	5.62
	0.08	2.03	2.87	3.52	4.06	4.54	4.97	5.37	5.74	6.09	6.42
	0.09	2.28	3.23	3.95	4.57	5.11	5.59	6.04	6.46	6.85	7.22
	0.10	2.54	3.59	4.39	5.07	5.67	6.21	6.71	7.18	7.61	8.02
0.8	0.01	0.34	0.48	0.59	0.68	0.76	0.83	0.89	0.96	1.01	1.07
	0.02	0.68	0.96	1.17	1.35	1.51	1.66	1.79	1.91	2.03	2.14
	0.03	1.01	1.44	1.76	2.03	2.27	2.49	2.68	2.87	3.04	3.21
	0.04	1.35	1.91	2.34	2.71	3.03	3.31	3.58	3.83	4.06	4.28
	0.05	1.69	2.39	2.93	3.38	3.78	4.14	4.47	4.78	5.07	5.35
	0.06	2.03	2.87	3.52	4.06	4.54	4.97	5.37	5.74	6.09	6.42
	0.07	2.37	3.35	4.10	4.74	5.29	5.80	6.26	6.70	7.10	7.49
	0.08	2.71	3.83	4.69	5.41	6.05	6.63	7.16	7.65	8.12	8.56
	0.09	3.04	4.31	5.27	6.09	6.81	7.46	8.05	8.61	9.13	9.63
	0.10	3.38	4.78	5.86	6.76	7.56	8.29	8.95	9.57	10.15	10.70
1.0	0.01	0.42	0.60	0.73	0.85	0.95	1.04	1.12	1.20	1.27	1.34
	0.02	0.85	1.20	1.46	1.69	1.89	2.07	2.24	2.39	2.54	2.67
	0.03	1.27	1.79	2.20	2.54	2.84	3.11	3.36	3.59	3.81	4.01
	0.04	1.69	2.39	2.93	3.38	3.78	4.14	4.47	4.78	5.07	5.35
	0.05	2.11	2.99	3.66	4.23	4.73	5.18	5.59	5.98	6.34	6.69
	0.06	2.54	3.59	4.39	5.07	5.67	6.21	6.71	7.18	7.61	8.02
	0.07	2.96	4.19	5.13	5.92	6.62	7.25	7.83	8.37	8.88	9.36
	0.08	3.38	4.78	5.86	6.76	7.56	8.29	8.95	9.57	10.15	10.70
	0.09	3.81	5.38	6.59	7.61	8.51	9.32	10.07	10.76	11.42	12.03
	0.10	4.23	5.98	7.32	8.46	9.45	10.36	11.19	11.96	12.68	13.37

付表に示したエゼクタ基本係数・ K は、次式により計算したものである。

$$K = \frac{Q_j}{A_e} = \frac{A_j}{A_d} \cdot Ra \cdot Cv \sqrt{2g \frac{P_j}{\gamma_w}} \dots\dots\dots (m/s)$$

係数・ K の使用例を、つぎに示す。

〔計算例〕

下記の条件を与えて、エゼクタの吐出速度 (V_e)、吐出土砂水量 (Q_e)、駆動水量 (Q_j) を求めてみよう。

$$\left. \begin{array}{l} Ra = 0.2 \\ Aj/A_d = 0.1 \\ P_j = 20 \text{ Kg/cm}^2 \end{array} \right\} \dots\dots K = 1.20 \text{ (付表より)}$$

$V_s = 3 \text{ m/s}$ (吸入速度)

$Q_s = 3,000 \text{ m}^3/\text{hr}$ (吸入土砂水量)

(1) 吐出速度

$$V_e = V_s + K = 3 + 1.2 = 4.2 \text{ (m/s)}$$

(2) 吐出土砂水量

$$Q_e = Q_s \left(1 + \frac{K}{V_s} \right) = 3,000 \times \left(1 + \frac{1.2}{3} \right) = 4,200 \text{ (m}^3/\text{hr)}$$

(3) 駆動水量

$$Q_j = Q_s \frac{K}{V_s} = 3,000 \times \frac{1.2}{3} = 1,200 \text{ (m}^3/\text{hr)}$$

(または $Q_j = Q_e - Q_s = 4,200 - 3,000 = 1,200 \text{ m}^3/\text{hr}$)
として求められる。

港湾技研資料 No. 119

1971・6

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 東京プリント
東京都港区西新橋3-24-9 飯田ビル

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.