

Session 2000

CA/PLP2

CONCOURS EXTERNE

SECTION : GENIE ELECTRIQUE

Option : ELECTROTECHNIQUE ET ENERGIE

ETUDE D'UN SYSTEME ET/OU D'UN PROCESSUS TECHNIQUE

Durée : 8 heures

CORRIGE

DISTRIBUTION ELECTRIQUE DE LA SUCRERIE**A.1. DISTRIBUTION****A.1.1. Définitions des domaines de tensions en courant alternatif :**

TBT	BTA	BTB	HTA	HTB
$\leq 50V$	$50V < U \leq 500V$	$500V < U \leq 1\text{ kV}$	$1\text{ kV} < U \leq 50\text{ kV}$	$U > 50\text{ kV}$

A.1.2. Alimentation HTA de la sucrerie :**A.1.2.1. Types d'alimentation des postes :**

- en antenne
- en coupure d'artère
- en double dérivation

A.1.2.2. Type d'alimentation utilisée dans le poste de livraison SICAP ?

- en coupure d'artère

A.1.2.3. Conditions nécessaires à la mise en parallèle des transformateurs de distribution ?

- Alimentation par le même réseau
- Même rapport de transformation
- Rapport de puissance au plus égal à 2
- Même groupe de couplage (indices horaires)
- Tensions de court-circuit égales à plus ou moins 10% près

A.1.2.4. Avantage de la configuration utilisée

- Continuité de l'alimentation en cas de panne ou d'opérations de maintenance sur l'un des transformateurs

A.2. ALIMENTATION POSTE 16**A.2.1. Changement d'alimentation :**

Actions nécessaires pour effectuer le basculement des lavoirs sur l'arrivée SICAP

- Ouverture de I-16-2
- Récupération de la clé E
- Avec la clé E fermeture de I-16-1

A.3. ALIMENTATION POSTE 17**A.3.1. Alimentation :**

Etat des appareils si le poste 12 est alimenté par le secteur SICAP et le poste 17 par les alternateurs

Poste 12 : I-12-1 = 1 et I-12-2 = 0
 Q-12 = 1
 I-12-10 = 1 et QT-12-10 = 0
 I-12-11 = 0 et QT-12-11 = 1

Poste 17 : I-17-1 = 0 et I-17-2 = 1
 Q-17 = 1
 I-17-10 = 1 et QT-17-10 = 0
 I-17-11 = 0 et QT-17-11 = 1

Remarque : I-12-11 ou I-17-11 peut rester fermé (l'un des deux seulement et attention au sectionneur de terre)

A.3.2. Alimentation du jeu de barres BT de la cristallisation :

A.3.2.1. Ordre chronologique des manœuvres à réaliser pour effectuer, en toute sécurité, le transfert de charge de T1 sur T2.

- Mise en charge du transformateur T2
 - Ouverture du sectionneur de MALT et en court-circuit QT-17-13
 - Récupération de la clé 02
 - Fermeture de l'interrupteur I-17-13
 - Avec la clé 02, fermeture du disjoncteur Q-T2
- Les deux transformateurs sont en parallèle (continuité de service)
- Mise en hors tension et condamnation de T1
 - Ouverture de l'interrupteur I-17-12
 - Ouverture du disjoncteur Q-T1
 - Récupération de la clé 03
 - Faire la vérification d'absence de tension (au moins côté HTA)
 - Avec la clé 03, fermeture de MALT et en court-circuit QT-12-12
 - Signaler que le transformateur T1 subit une opération de maintenance

A.3.2.2. Titre d'habilitation de l'électricien effectuant ces manœuvres (justifier)

- **B1V-BC et H1V-HC**
 - B1V : travaux au voisinage en BTA (au niveau de Q-T1 et Q-T2)
 - BC : Consignation en BTA (clé 02)
 - H1V : travaux au voisinage en HTA (au niveau des cellules 17-12 et 17-13)
 - HC : Consignation en HTA (clé 03 et MALT et en court-circuit)

A.4. TABLEAU GENERALE BASSE TENSION DE LA CRISTALLISATION

A.4.1. Schéma de liaison à la terre :

A.4.1.1. Type de schéma de liaison à la terre ?

- Régime IT Présence côté BT de limiteur de surtension
 Présence de VigiloHM sur les jeux de barres

A.4.1.2. Rôles des appareils spécifiques à ce schéma de liaison à la terre

- Rôle du limiteur de surtension Cardew B
 - En cas de surtension sur le secondaire du transformateur (amorçage HTA/BTA par exemple), évacuation de celle-ci à la terre
- Rôle du VigiloHM ?
 - Contrôle en permanence l'isolement de l'installation
 - Signale le premier défaut

A.4.2. Disjoncteur :

Caractéristiques du disjoncteur QT1

- 3x1600 A 3 pôles de puissance et I nominale 1600A
- 70 kA pouvoir de coupure des pôles de puissance
- 3x1800 A déclencheur thermique réglé à 1800 A soit 1,25 In
- 8000 A à 0,27s .. déclencheur magnétique réglé pour déclencher à 5.In avec un retard de 270 ms

CHOIX DE POMPES ET DIMENSIONNEMENT DE L'ALIMENTATION

B.1. CHOIX DE LA POMPE N°1 :**B.1.1. Hauteur manométrique totale :**

- la hauteur géométrique de la pompe $10 - 2,5 = 7,5$ m
- pertes de charge à l'aspiration 0,5 m
- pertes de charge au refoulement (canalisation)..... 8,0 m
- pertes de charge au refoulement (appareils)..... 1,0 m
- la hauteur correspondant à la pression résiduelle 5,0 m
- la hauteur correspondant à la tension de vapeur 0,2 m

Hauteur manométrique totale : 22,2 m

B.1.2. Choix du type de pompe et détermination de la puissance absorbée :

- Courbes caractéristiques :
 - pompe tournant à 1450 tr/min
 - débit de $850\text{m}^3/\text{h}$
 - hauteur manométrique totale de 22,2m

Type de pompe Eta R 250-330

- Caractéristiques de la pompe Eta R 250-330:

sur la première caractéristique diamètre de la turbine 310 mm

- débit de $850\text{m}^3/\text{h}$
- diamètre de la turbine 310 mm

sur la troisième caractéristique puissance absorbée 60 kW

B.1.3. NPSH :

- NPSH de la pompe – $\text{NPSH}_{\text{requis}}$:
 - débit de $850\text{m}^3/\text{h}$
 - sur la courbe 5m

total avec la marge de sécurité 5,5m

- NPSH de l'installation – $\text{NPSH}_{\text{disponible}}$:

..... 8,63m

Le $\text{NPSH}_{\text{disponible}}$ est nettement plus grand que le $\text{NPSH}_{\text{requis}}$

B.1.4. Vérification par le calcul :

- Puissance utile de la pompe

$$P_u = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot h}{3600} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 850 \cdot 22,2}{3600} = 51,4 \text{ kW}$$

- Puissance absorbée par la pompe $P_a = \frac{P_u}{\eta} = \frac{51,4}{0,83} = 62 \text{ kW}$

B.1.5. Choix du moteur d'entraînement :

- Plus de 40 kW donc coefficient de sécurité de 10 %

$$P = P_{ap} \cdot 1,1 = 62 \cdot 1,1 = 68,2 \text{ kW}$$

sur le document Leroy Somer FLS 280S
moteur de 75 kW

B.2. INSTALLATION DE LA POMPE N°2 :

B.2.1. Pompe N°2

B.2.1.1. Choix du moteur :

La puissance absorbée par la pompe est de 85 kW, avec le coefficient de sécurité de 10 %

$$P = P_{ap} \cdot 1,1 = 85 \cdot 1,1 = 93,5 \text{ kW}$$

sur le document Leroy Somer FLS 315ST
moteur de 110 kW

B.2.1.2. Choix du démarreur :

Par rapport à la puissance nominale du moteur :

sur le document AKA UDEM 5300P
Puissance de 160 kW

B.2.1.3. Calcul du courant absorbé par le moteur :

la puissance absorbée par la pompe est de 85 kW

la puissance nominale du moteur est de 110 kW

Il est donc utilisé à 3/4 de sa puissance nominale

à puissance nominale son facteur de puissance est de 0,85 et son rendement est de 95%

(document Leroy Somer)

à 3/4 de la puissance nominale, le facteur de puissance devient 0,81 et le rendement est inchangé (document Leroy Somer)

La puissance absorbée par le moteur est de $P_a = \frac{P_u}{\eta} = \frac{85}{0,95} = 89,5 \text{ kW}$

La courant absorbé par le moteur est de $I = \frac{P_a}{\sqrt{3} U \cos \varphi} = \frac{89,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 410 \cdot 0,81} = 156 \text{ A}$

B.2.2. Alimentation du moteur de la pompe N°2 :

Alimentation en BTA :

- La chute de tension ne doit pas excéder : $\Delta U \leq 410 \cdot 0,05 = 20,5V$
- Le courant absorbé par le moteur est de 156A
- Détermination du coefficient général à appliquer au courant
 - Câbles enterrés 1
 - Température du sol 1,05
 - Terrain humide 1,13
 - $k_t = 1 \times 1,05 \times 1,13 = 1,1865$
- Le courant d'emploi est : $I_z = 156 / 1,1865 = 131A$
 - Câble choisi : 35 mm² (147A)
 - Détermination de la chute de tension..... $\Delta U = 1 \cdot 1,2 \cdot 156 = 187,2V$
 - Impossible
 - Câble choisi : 300 mm² (480A)
 - Détermination de la chute de tension..... $\Delta U = 0,18 \cdot 1,2 \cdot 156 = 33,69V$
 - La chute de tension est encore trop importante
 - Câble choisi : 2x185 mm² par phase (367x2)
 - Détermination de la chute de tension..... $\Delta U = 0,25 \cdot 1,2 \cdot 156 / 2 = 23,4V$
 - La chute de tension est encore trop importante
 - Câble choisi : 2x240 mm² par phase
 - Détermination de la chute de tension $\Delta U = 0,21 \cdot 1,2 \cdot 156 / 2 = 19,66V$
 - La chute de tension est acceptable
- La section du câble est trop surdimensionnée (2x240mm²) (coût très élevé)

B.2.3. Transformateurs :

B.2.3.1 Détermination de la puissance du transformateur N°2 :

- La puissance absorbée par le moteur de la pompe 2 est 88,9 kW avec un facteur de puissance de 0,81 (B.2.1.3)

La puissance apparente est donc de : $S = \frac{P}{\cos \phi} = \frac{89,5}{0,81} = 110,45 \text{ kVA}$

B.2.3.2 Choix du transformateur :

- La puissance du transformateur choisi est donc de **160 kVA**
- Vérification : Puissance apparente du moteur 110 kVA
Puissance nécessaire aux auxiliaires 16 kVA
Puissance totale du poste 126 kVA
(en négligeant la possible différence de déphasage)

B.2.4. Transformateur N°2 :

B.2.4.1. Courants primaire et secondaire :

- Courants primaire et secondaire :

$$I_1 = \frac{S}{\sqrt{3} U_1} = \frac{160.10^3}{\sqrt{3} 5,5.10^3} = 16,8 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3} U_2} = \frac{160.10^3}{\sqrt{3} 410} = 225 \text{ A}$$

B.2.4.2. Tension maxi et tension mini :

- Réglages à vide possible sur la tension primaire :

$$U_{1\text{mini}} = 5500 . 0,95 = 5225 \text{ V}$$

$$U_{1\text{maxi}} = 5500 . 1,05 = 5775 \text{ V}$$

B.2.4.3. Couplage du transformateur :

- Couplage du transformateur choisi :

Dyn11

- Primaire couplé en triangle
- Couplage du secondaire en étoile avec neutre ressorti
- Indice horaire 11h (la tension simple du secondaire est déphasée de $-\pi/6$ sur la tension simple du primaire)

B.2.4.4. Tension de court-circuit :

- Calcul de U_{cc} :

$$U_{cc} = 5500 . 0,04 = 220 \text{ V}$$

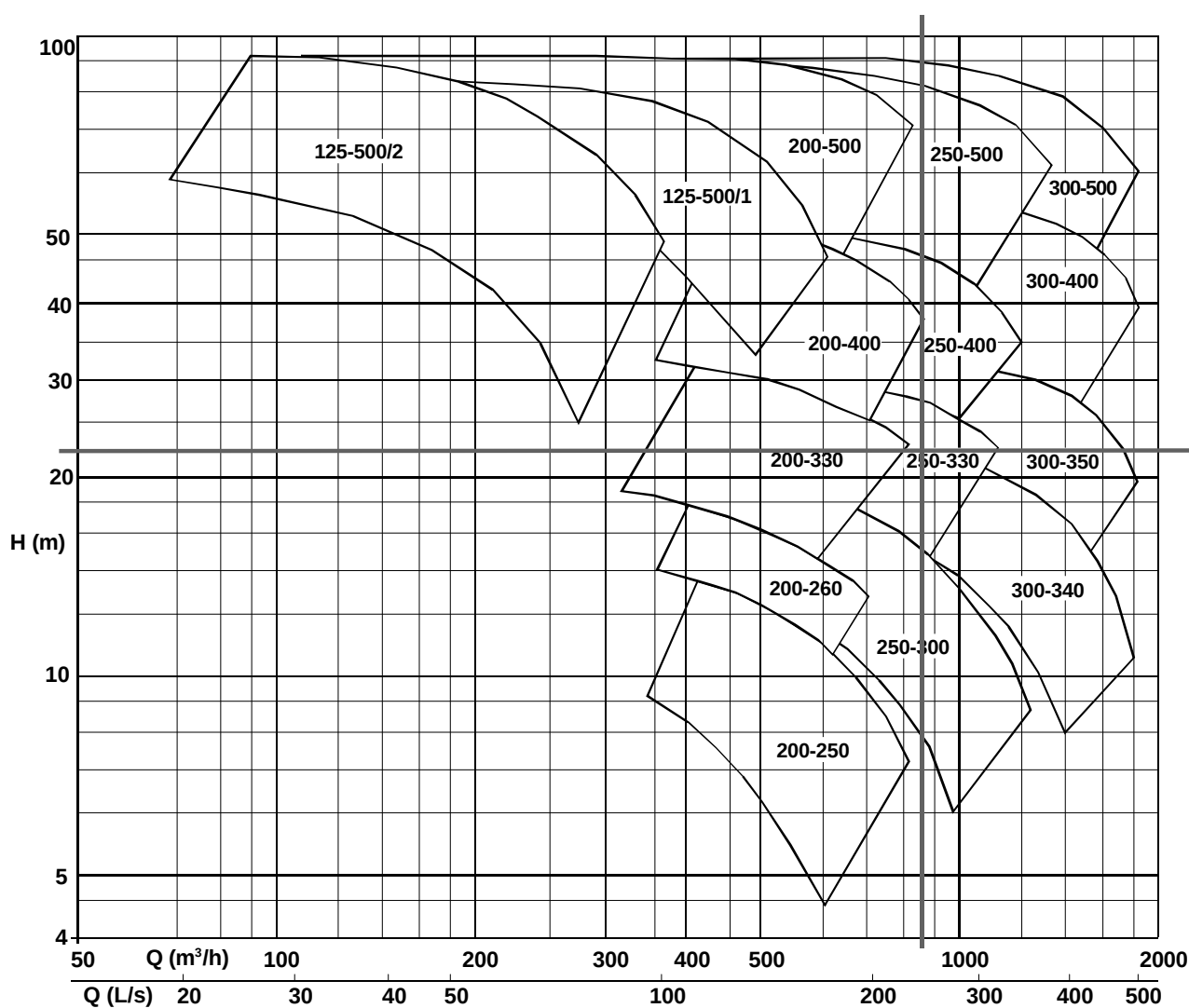
B.2.4.5. Courant de court-circuit :

- Calcul de I_{cc} théorique :

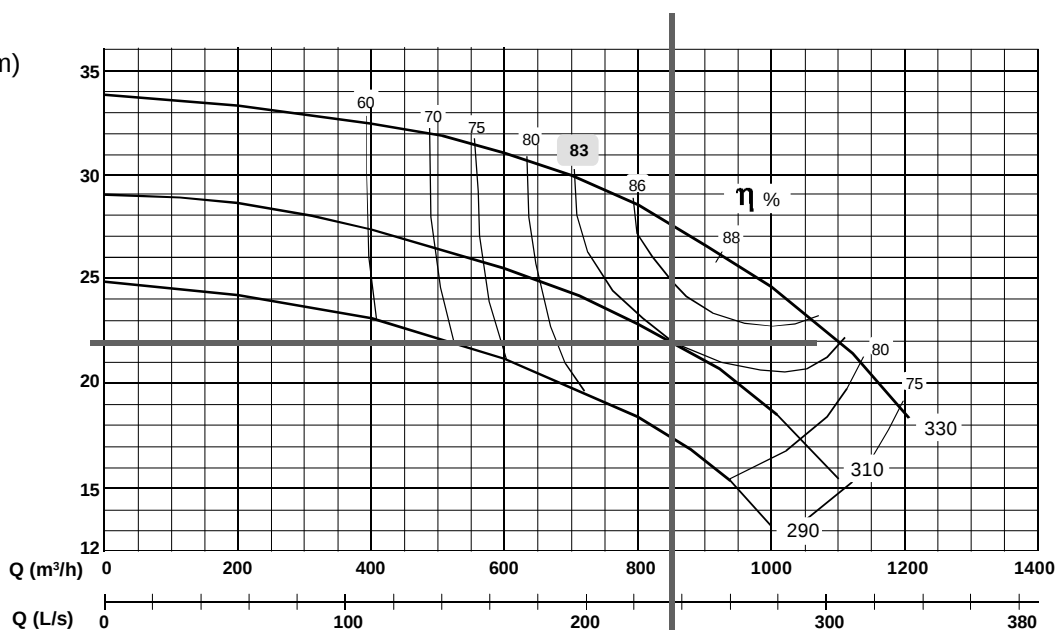
$$I_{cc} = \frac{I_{2N}}{U_{cc} (\%)} = \frac{225}{0,04} = 5\,625 \text{ A}$$

Kennfeld
Selection Chart
Courbes caractéristiques
Campo caratteristico
Grafiek
Curvas características

$n = 1450 \text{ 1/min}$



Hauteur (m)

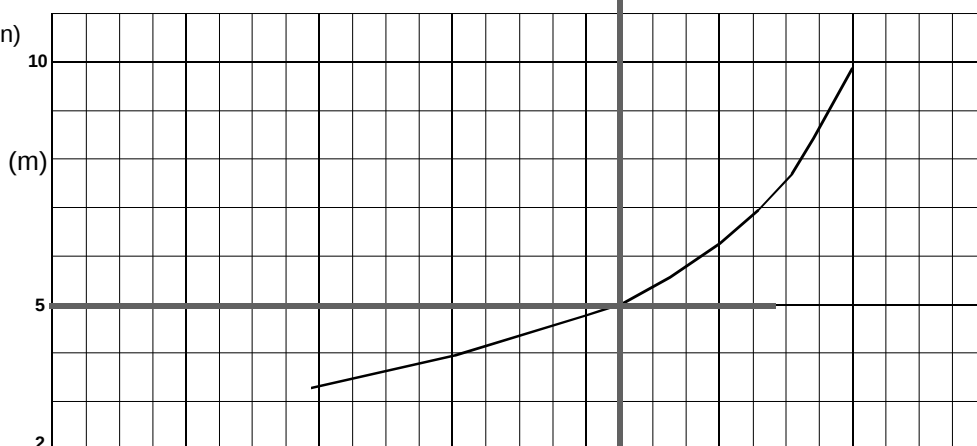


NPSH_A (installation)

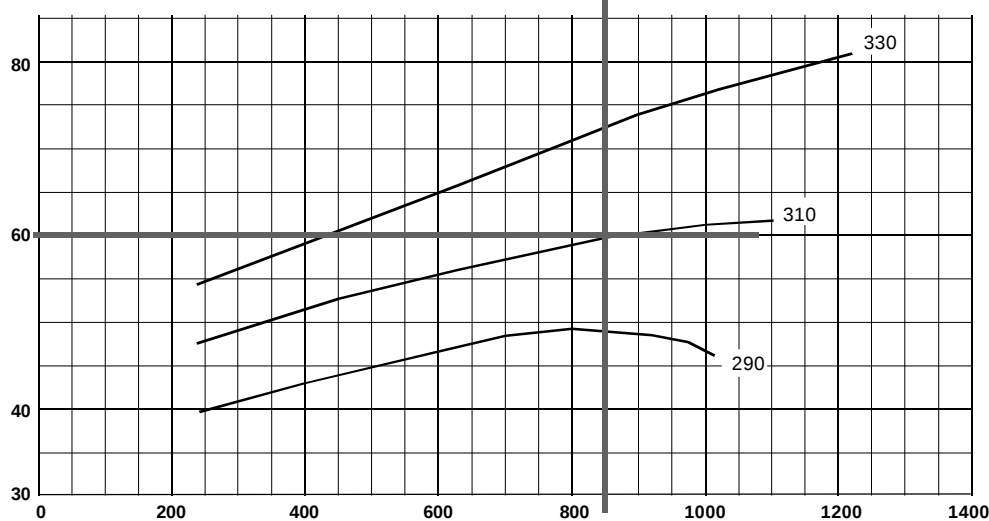
$Q > Q_{opt}$:
NPSH_A > NPSH + S

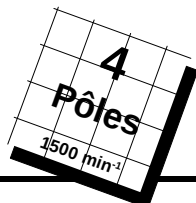
$Q < Q_{opt}$:
NPSH_A > NPSH_{opt} + S

Roue	S(m)
GG-25	2,0
G-CuSn 10	1,0
1.4408	0,5



Puissance absorbée
kW





IP 55
CI.F - ΔT 80 K
400V +/- 10%

RESEAU D230 / Y400 V ou D400 V 50 Hz

Type	Puissance nominale à 50 Hz P _n kW	Vitesse nominale N _n Min ⁻¹	Couple Nominal M _n N.m	Intensité nominale I _n (400V) A	Facteur de puissance Cos ϕ	Rendement η	Intensité démarrage I _d / I _n	Couple démarrage M _d / M _n	Couple maximal M _m / M _n	Courbe de couple N°	Moment d'inertie J kg.m ²	Masse IM B3 kg
FLS 80 L	0,55	1410	3,7	1,5	0,76	68	4,4	2,1	2,3	3	0,0013	15
FLS 80 L	0,75	1425	5	2	0,75	72,5	5,7	3	2,8	1	0,0024	17
FLS 90 S	1,1	1410	7,5	2,6	0,81	76	5	1,9	2,2	4	0,0032	20
FLS 90 L	1,5	1415	10	3,6	0,77	79	5,5	2,5	2,4	3	0,0039	22
FLS 90 L	1,8	1400	12,3	4,3	0,78	80	5,5	2,5	2,7	2	0,0049	24
FLS 100 LK	2,2	1435	15	4,65	0,86	79,3	5,8	1,8	2,4	4	0,0096	41
FLS 100 LK	3	1455	20	6,4	0,81	84	7,7	2,9	3,3	1	0,0134	43
FLS 112 MR	4	1445	27,5	8,5	0,82	82,6	7,3	2,9	3,1	1	0,0150	48
FLS 132 S	5,5	1455	37	11,3	0,85	84,4	7,5	3	3,3	1	0,0253	75
FLS 132 M	7,5	1450	50	14,5	0,87	85,7	7,3	3,1	3,3	1	0,0386	80
FLS 132 MR	9	1460	61	18,3	0,83	85,6	8	3,1	3,4	1	0,0426	83
FLS 160 M	11	1455	72,2	21	0,86	88	6	2,2	2,4	8	0,060	103
FLS 160 L	15	1455	98,5	28,2	0,86	89,1	6,7	2,5	2,7	8	0,079	120
FLS 180 MR	18,5	1465	120,5	34,5	0,86	90	6,7	2,5	2,4	8	0,095	135
FLS 180 L	22	1465	143	40,5	0,86	91	7,2	2,6	2,7	8	0,137	184
FLS 200 L	30	1470	195	55	0,86	91,5	6,5	2,5	2,7	2	0,24	260
FLS 225 ST	37	1470	240	68	0,85	92,6	7	2,6	2,7	2	0,28	290
FLS 225 M	45	1480	290	80	0,87	93,2	6,6	2,1	2,4	3	0,62	410
FLS 250 M	55	1480	355	99	0,86	94	6,7	2,5	2,7	2	0,76	460
FLS 280 S	75	1480	484	137	0,84	94,5	7,3	2,6	2,6	2	1,45	730
FLS 280 M	90	1480	581	163	0,84	94,7	7,1	2,8	2,7	2	1,75	770
FLS 315 ST	110	1481	710	197	0,85	95	7,5	2,9	2,8	1	2,2	850
FLS 315 M	132	1485	850	238	0,84	95,4	7	2,8	2,6	1	2,7	1000
FLS 315 LA	160	1480	1032	281	0,87	95	7,2	1,75	2,4	9	3,2	1050
FLS 315 LB	200	1480	1291	349	0,87	95,2	7,5	1,75	2,6	9	4,1	1150
FLS 355 LA	250	1482	1611	426	0,89	95,5	7,8	1,7	2,4	9	6,9	1510
FLS 355 LB	300	1485	1930	504	0,90	95,7	7,9	1,8	2,4	9	8	1550
FLS 355 LC	355	1488	2279	610	0,87	96,5	7,4	2,1	2,4	3	8,4	1800
FLS 355 LD	400	1489	2564	688	0,87	96,5	7,4	2,1	2,4	3	8,7	1930
FLS 400 LB	400	1492	2559	687	0,87	96,6	7,5	1,7	2,7	9	11,7	2350
FLS 355 LKB	450	1492	2880	763	0,88	96,7	7,2	1,6	2,6	9	11,7	2320
FLS 400 LB	450	1492	2880	763	0,88	96,7	7,2	1,6	2,6	9	11,7	2350
FLS 355 LKB	500	1490	3200	850	0,88	96,5	6,5	1,4	2,4	10	11,7	2320
FLS 400 LVB	500	1490	3200	850	0,88	96,5	6,5	1,4	2,4	10	11,7	2350
FLS 450 LA	500	1490	3525	850	0,88	96,5	7,4	1,75	2,6	9	21	3100
FLS 450 LVA	550	1490	3525	935	0,88	96,5	7,4	1,75	2,6	9	21	3100
FLS 450 LB	630	1490	4326	1071	0,88	96,5	7,5	1,85	2,6	9	24	3450
FLS 450 LVB	675	1490	4326	1147	0,88	96,7	7,5	1,85	2,6	9	24	3450

Démarrateurs électroniques **UNIDEM**
A contrôle vectoriel
De 7,5 à 750kW

AUTOMATISMES

AKA

Caractéristiques électriques

Tension d'alimentation Puissance : 220V – 10% à 500V + 5%
Tension d'alimentation Contrôle : 220V-240V +/-10%
Fréquence : 50/60 Hz (commutation automatique)

1. Démarreur UDEM 5xxx pour application 4.In, 45s

Type de démarreur	I nominal sortie	Puissance 220V / 240V	Puissance 380V / 410V	Puissance 500V
UDEM 5016A	16 A	4 kW	7,5 kW	9 kW
UDEM 5037A	37 A	9 kW	18,5 kW	22 kW
UDEM 5060A	60 A	15 kW	30 kW	37 kW
UDEM 5105A	105 A	30 kW	55 kW	75 kW
UDEM 5140A	140 A	37 kW	75 kW	90 kW
UDEM 5250A	250 A	75 kW	132 kW	160 kW
UDEM 5310A	310 A	90 kW	160 kW	200 kW
UDEM 5450A	450 A	132 kW	250 kW	315 kW
UDEM 5750A	750 A	250 kW	400 kW	560 kW

Démarreur UDEM 5xxx P pour pompage 3.In, 20s

Type de démarreur	I nominal sortie	Puissance 220V / 240V	Puissance 380V / 410V	Puissance 500V
UDEM 5027P	27 A	7,5 kW	15 kW	18,5 kW
UDEM 5045P	45 A	11 kW	22 kW	30 kW
UDEM 5080P	80 A	22 kW	37 kW	55 kW
UDEM 5125P	125 A	37 kW	55 kW	90 kW
UDEM 5175P	175 A	55 kW	90 kW	110 kW
UDEM 5300P	300 A	90 kW	160 kW	200 kW
UDEM 5375P	375 A	110 kW	200 kW	250 kW
UDEM 5600P	600 A	180 kW	315 kW	400 kW
UDEM 5855P	855 A	250 kW	450 kW	630 kW
UDEM 51050P *	1050 A	315 kW	560 kW	710 kW

■ courant de démarrage limité à 2600A

Nota ; les démarreurs UDEM xxx P sont destinés au démarrage et à l'arrêt décéléré des pompes, leur temps de démarrage est limité à 20s et le courant de démarrage à 3.In

2. INFLUENCE DE LA CHARGE SUR

3. LE RENDEMENT ET LE FACTEUR DE PUISSANCE

RENDEMENT : η (en %)					
1 / 2	3 / 4	4 / 4	1 / 2	3 / 4	4 / 4
94,5	96	96	72	75	75
93,5	95	95	71	74	74
92,5	94	94	70	73	73
91,5	93	93	68	72	72
91	92	92	67	71	71
90	91	91	66	70	70
89	90	90	65	69	69
88	89	89	64	67	68
87	88	88	62	66	67
86	87	87	61	65	66
85	86	86	60	64	65
84	85	85	59	63	64
83	84	84	57	62	63
82	83	83	56	60	62
81	82	82	55	59	61
80	81	81	54	58	60
79	80	80	53	56	59
77	79	79	52	57	58
76	78	78	51	55	57
75	77	77	49	54	56
73	76	76			

FACTEUR DE PUISSANCE : $\cos\phi$					
1 / 2	3 / 4	4 / 4	1 / 2	3 / 4	4 / 4
0,86	0,90	0,92	0,50	0,62	0,71
0,85	0,89	0,91	0,49	0,62	0,70
0,83	0,88	0,90	0,48	0,61	0,69
0,80	0,86	0,89	0,47	0,60	0,68
0,78	0,85	0,88	0,46	0,59	0,67
0,76	0,84	0,87	0,46	0,59	0,66
0,75	0,83	0,86	0,46	0,58	0,65
0,73	0,81	0,85	0,46	0,58	0,64
0,71	0,80	0,84	0,45	0,57	0,63
0,69	0,79	0,83	0,44	0,56	0,62
0,67	0,77	0,82	0,44	0,56	0,61
0,66	0,76	0,81	0,44	0,55	0,60
0,65	0,75	0,80			
0,63	0,74	0,79			
0,61	0,72	0,78			
0,59	0,71	0,77			
0,58	0,70	0,76			
0,56	0,69	0,75			
0,55	0,68	0,74			
0,54	0,67	0,73			
0,52	0,63	0,72			

MODE DE POSE DES CÂBLES ET CONDUCTEURS

TREFICABLES

Mode de pose	Méthode de référence	Facteur de correction	Description	Mode de pose	Méthode de référence	Facteur de correction	Description
1	B	0,77	Conducteurs isolés dans les conduits encastrés dans les parois thermiques.	31-32	B	1 0,90(i)	Conducteurs isolés ou câbles posés dans les goulottes.
2	B	0,70	Câble multiconducteurs dans les conduits encastrés dans les parois thermiques.	33	B	1 0,90(i)	Conducteurs isolés ou câbles posés en goulottes dans les planchers.
3-4	B	0,90	Conducteurs isolés ou câbles dans les conduits apparents.	34	B	1 0,90(i)	Conducteurs isolés ou câbles en goulottes suspendues.
5	B	0,90	Conducteurs isolés ou câbles dans les conduits encastrés.	41	B	0,95(i)	Conducteurs isolés ou câbles dans les caniveaux fermés.
11	C	1	Câbles fixés au mur.	42-43	B	1	Conducteurs isolés ou câbles dans les caniveaux isolés.
11 A	C	0,95	Câbles fixés au plafond.	51	B	0,77	Câbles encastrés dans les parois thermiques.
12	C	1	Câbles posés sur tablettes non perforées.	52	C	1	Câbles encastrés dans les parois sans protection.
13-14	E,F	1	Câbles posés sur chemins de câbles, corbeaux, colliers ou échelles à câbles.	53	C	1	Câbles encastrés dans les parois avec protection.
15-16	E,F	1	Câbles suspendus.	61	D	0,90	Câbles dans des conduits enterrés.
17	E,F	1	Câbles nus ou isolés posés sur isolateurs.	62-63	D	1	Câbles enterrés.
18	C	1,21					
21	B	0,95(a)	Câbles posés dans le vide des constructions.	71	B	1	Conducteurs isolés en moulure.
22	B	0,95(b) 0,91(c)	Conducteurs isolés ou câbles dans les conduits dans le vide de construction.	72	B	1 0,90(i)	Conducteurs isolés ou câbles dans des plinthes rainurées.
23	B	0,95(d) 0,91(e)	Conducteurs isolés ou câbles dans les conduits profilés de construction.	73-74	B	1 0,90(i)	Conducteurs isolés ou câbles dans des chambranles.
24	B	0,95(f) 0,91(g)	Conducteurs isolés ou câbles dans les conduits profilés noyés.	81	A l'étude.		Câbles immergés dans l'eau.
25	B	0,95(h)	Câbles dans les faux plafonds ou plafonds suspendus.				
Légende :		☞ Si le rapport entre la plus petite dimension du vide et le diamètre extérieur du câble est inférieur à : (a) 5; (b) 20 pour les conducteurs isolés; (c) 20 pour les câbles; (d) 20 pour les conducteurs isolés; (e) 20 pour les câbles; (f) 5 pour les conducteurs isolés; (g) 20 pour les câbles; (h) 5; (j) 20. ☞ (i) pour les câbles. ☞ B : Conducteurs isolés ou câbles. ☞ C, D : Câbles unipolaires ou multipolaires. ☞ E : Câbles multipolaires. ☞ F : Câbles unipolaires.					

CORRECTION EN FONCTION DE LA TEMPERATURE DU SOL

TREFICABLES

Température du sol (°C)	Isolation PVC	Isolation PR, EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,63	0,80
50	0,55	0,76
55	0,45	0,71
60	- -	0,65

**CORRECTION EN FONCTION DE
LA RESISTIVITE THERMIQUE DU SOL**

TREFICABLES

Résistivité thermique du sol (°C cm / W)	Facteur de correction	OBSERVATIONS			
		Humidité	Nature du terrain		
40	1,25	Pose immergée.	Marécages		
50	1,21	Terrains très humides.	Sable		
70	1,13	Terrains humides.			
85	1,05	Terrain dit normal.		Argile et calcaire	
100	1,00	Terrains secs.			
120	0,94				
150	0,86	Terrains très secs.			Cendres et mâchefer.
200	0,76				
250	0,70				
300	0,65				

**COURANTS ADMISSIBLES (en A)
DANS LES CANALISATIONS ENTERREES**

TREFICABLES

	section des conducteurs (mm ²)	Nombre de conducteurs chargés et type d'isolation			
		PVC3	PVC2	PR3	PR2
AME EN CUIVRE	1,5	26	32	31	37
	2,5	34	42	41	48
	4	44	54	53	63
	6	56	67	66	80
	10	74	90	87	104
	16	96	116	113	136
	25	123	148	144	173
	35	147	178	174	208
	50	174	211	206	247
	70	216	261	254	304
	95	256	308	301	360
	120	290	351	343	410
	150	328	397	387	463
	185	367	445	434	518
	240	424	514	501	598
	300	480	581	565	677
AME EN ALUMINIUM	10	57	68	67	80
	16	74	88	87	104
	25	94	114	111	133
	35	114	137	134	160
	50	134	161	160	188
	70	167	200	197	233
	95	197	237	234	275
	120	224	270	266	314
	150	254	304	300	359
	185	285	343	337	398
	240	328	396	388	458
	300	371	447	440	520

CHUTE DE TENSION

En volt par km de câble et pour un courant de 1A

TREFICABLES

Section en mm ²		Circuit monophasé			Circuit triphasé équilibré ΔU entre phases		
		Force motrice		Eclairage	Force motrice		Eclairage
		Service normal	Démarrage		Service normal	Démarrage	
Cu	Al	$\cos \varphi = 0,8$	$\cos \varphi = 0,35$	$\cos \varphi = 1$	$\cos \varphi = 0,8$	$\cos \varphi = 0,35$	$\cos \varphi = 1$
1,5		24	10,6	30	20	9,4	25
2,5		14,4	6,4	18	12	5,7	15
4		9,1	4,1	11,2	8	3,6	9,5
6	10	6,1	2,9	7,5	5,3	2,5	6,2
10	16	3,7	1,7	4,5	3,2	1,5	3,6
16	25	2,36	1,15	2,8	2,05	1	2,4
25	35	1,5	0,75	1,8	1,3	0,65	1,5
35	50	1,15	0,6	1,29	1	0,52	1,1
50	70	0,86	0,47	0,95	0,75	0,41	0,77
70	120	0,64	0,37	0,64	0,56	0,32	0,55
95	150	0,48	0,30	0,47	0,42	0,26	0,40
120	185	0,39	0,26	0,37	0,34	0,23	0,31
150	240	0,33	0,24	0,30	0,29	0,21	0,27
185	300	0,29	0,22	0,24	0,25	0,19	0,20
240	400	0,24	0,20	0,19	0,21	0,17	0,16
300	500	0,21	0,19	0,15	0,18	0,16	0,13

Description

Cette gamme est constituée de transformateurs correspondant à la spécification suivante :

- transformateurs triphasés, 50 Hz, pour installation à l'intérieur ou à l'extérieur (à préciser);
- immergés dans l'huile minérale (3) (autre diélectrique sur demande);
- étanches à remplissage total (ERT);
- couvercle boulonné sur cuve;
- refroidissement naturel de type ONAN;
- traitement et revêtement anticorrosion standard;
- teinte finale gris RAL 7033.

normes

- Ces transformateurs sont conformes aux normes (1) NF C 52 100 édition d'août 1990 ainsi qu'au document d'harmonisation des normes européennes HD 398-1 à 398-5.

équipement de base

Chaque transformateur comporte :

- commutateur de réglage cadenassable situé sur le couvercle (manœuvrable hors tension); ce commutateur agit sur la plus haute tension assignée pour adapter le transformateur à la valeur réelle de la tension d'alimentation;
- 3 pièces fixes embrochables HN 52 S 61, 250A / 24kV - côté MT;
- 4 passe-barres BT uniquement à partir de 250kVA; pour 100 et 160kVA : 4 traversées porcelaine BT;

- 2 emplacements de mise à la terre sur le couvercle;
- 4 galets de roulement plats orientables à partir de 160kVA;
- 2 anneaux de levage et de décuvage;
- 1 plaque signalétique fixable sur les 4 faces;
- 1 orifice de remplissage;
- 1 dispositif de vidange;
- indice de protection IP 00.

options

Peuvent être prévus en option, les accessoires suivants :

- 3 pièces mobiles embrochables HN 52 S 61 - 250A / 24kV, droites ou d'équerres (préciser impérativement les caractéristiques du câble);
- 3 traversées porcelaine MT;
- 4 traversées porcelaine BT à partir de 250kVA;
- système de verrouillage des prises embrochables (serrure non fournie);
- capot BT plombable (possible uniquement avec prises embrochables côté MT et avec passe-barres côté BT);
- dispositifs de contrôle et de protection : thermomètre, thermostat, relais DGPT2, etc...

Nota : les options ci-dessus évoquent les cas usuels et ne sont pas limitatives. Pour des compléments éventuels, nous consulter.

Caractéristiques électriques

puissance assignée kVA (1)		100	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
tension assignée		primaire (1)													
		secondaire à vide (1)													
niveau d'isolement assigné (4)		primaire													
réglage (hors tension)		± 5% (1)													
couplage		Dyn 11 (1)													
pertes (W)		à vide													
		210	460	600	710	840	980	1160	1560	1840	2160	2640	3110	3680	4380
		dues à la charge (2)													
tension de court-circuit (%)		4	4	4	4	4	4	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7
courant à vide (%)		2,5	2,3	2,1	2	1,9	1,9	1,8	2,5	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7
courant		Ie/In valeur crête													
d'enclenchement		cte de temps													
chute de tension		cos φ = 1													
à pleine charge (%)		cos φ = 0,8													
η (%)		charge 100%													
		cos φ = 1													
		cos φ = 0,8													
		charge 75 %													
		cos φ = 1													
		cos φ = 0,8													
bruit		puissance acoustique													
		LWA													
(dBA) pression acoustique LPA à 1m		42	48	50	52	53	54	54	55	55	56	58	58	59	59

(1) autres possibilités sur demande, nous consulter

(2) pertes dues à la charge à 75°C

(3) classification des diélectriques liquides suivant la norme NFC 27-300

(4) rappel sur les niveaux d'isolement

Niveau d'isolement assigné (kV)	7,2	12	17,5	24
kV eff 50Hz 1 min	20	28	38	50

- O1 pour les huiles minérales
- K3 pour les huiles silicones

kV choc1.2 / 50 μ s	60	75	95	125
-------------------------	----	----	----	-----

DIFFUSION

C.1. CONSTITUTION D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU.

Rep	Nom	Constitution	Fonction
1	Stator ou Inducteur	C'est la carcasse du moteur. Elle est constituée de tôles embouties montées sur une structure en acier comportant 2 plaques épaisses d'extrémité (les flasques) reliées par des tirants. Ces tôles sont fabriquées avec un matériau magnétique de bonne qualité. Cette carcasse supporte : Les pôles principaux et auxiliaires (ou de commutation). Ils sont constitués en acier feuilleté (tôles au silicium à 3%). Les pôles principaux présentent des épanouissements polaires afin d'embrasser un maximum de conducteurs actifs de l'induit et de supporter les enroulements de compensation. Ces différents enroulements sont bobinés en fil de cuivre émaillé de classe F (155°C). Ces bobines mises en forme directement sur les pôles sont polymérisées par effet Joule. Elles assurent alors un bloc homogène avant imprégnation. On obtient ainsi une excellente tenue mécanique aux vibrations et une très bonne dissipation thermique.	La carcasse : Canalise le flux créé par les pôles principaux. Supporte les différents pôles. Assure une protection mécanique des différents enroulements. Pôles principaux : Créent le flux principal dans la machine. Ils sont raccordés sur une source indépendante de celle de l'induit ou en série avec celui ci. Enroulements de compensation : Raccordés en série avec l'induit. Diminue la réaction magnétique de l'induit. Enroulements auxiliaires : Décalent la ligne neutre. Améliorent la commutation (diminution des arcs électriques au niveau de l'ensemble balais - collecteur en cas de changement du sens de rotation).
2	L'anneau de manutention.	En acier moulé.	Permet l'accrochage du moteur lors des phases de maintenance.
3	Flasques, Paliers	Deux flasques en fonte.	Assurent : • Une grande stabilité mécanique au moteur. • Le centrage de l'induit. Permet le montage mécanique de la ventilation. Supportent les roulements à billes ou à rouleaux.
4	Ventilateur	Obtenu par moulage en matériau léger. Il est remplacé par un moto ventilateur avec l'utilisation de variateurs de vitesse.	Evacue la chaleur produite par les pertes fer et par effet Joule dans les enroulements induit et inducteur.
5	Rotor ou induit	Il est constitué d'un empilage de tôles à faibles pertes magnétiques isolées sur leurs deux faces afin de limiter les pertes fer. Ces tôles sont emmanchées sur l'arbre moteur à la presse. Elles sont munies d'encoches supportant les conducteurs (enroulements de l'induit). Le bobinage contenu dans une encoche est soudé à deux lames du collecteur diamétralement opposées. Des cales d'encoches et un fretage en fibre de verre garantissent une parfaite tenue mécanique. Afin d'assurer un fonctionnement de qualité à basse vitesse, ces tôles sont montées sur l'arbre moteur de telle sorte que les axes des encoches forment des courbes hélicoïdales.	Les tôles composant l'induit renforce le flux au sein de la machine et permettent de supporter le bobinage de l'induit. Les enroulements induits sont parcourus par un courant continu et sont soumis au flux magnétique créé par l'inducteur. Ils sont soumis à des forces électromagnétiques (Loi de Laplace). Le bobinage contenu dans deux encoches diamétralement opposées étant parcouru par un courant induit de sens contraire, est donc soumis à un couple de forces : couple électromoteur.
6	Collecteur	Ensemble de lames en matériau conducteur (cuivre argent ou cuivres cadmium) de section trapézoïdale et isolées entre elles et par rapport à l'arbre moteur par un isolant minéral.	Il assure la liaison électrique entre les bobinages de l'induit et la plaque à bornes. Il inverse le sens du courant dans les conducteurs actifs de l'induit lorsqu'ils traversent la ligne de neutre permettant de conserver le sens du couple électromoteur.
7	Balais	Ils sont réalisés en matériau métallo graphite (cuivre + charbon). Ils sont montés sur une couronne porte balais réglable.	La couronne porte balais permet de réaliser un calage précis de la ligne de neutre et d'assurer une pression constante et suffisante pour avoir un contact électrique glissant avec le collecteur.
8	Arbre moteur	En acier usiné.	Supporte le rotor ; permet la transmission du couple vers l'extérieur.
9	Plaque à bornes		Raccordements électriques des différents bobinages avec l'extérieur.

C.2. PROBLEMATIQUE DE LA VARIATION DE VITESSE.

- Expression de la force "contre électromotrice" : $E' = N.n.\Phi$
- Loi d'ohm relative au circuit induit : $U = E' + R_a.I$
- Loi d'ohm relative au circuit inducteur : $U_e = R_e.I_e$
- Expression de la vitesse : $n = (U - R_a.I)/N.\Phi$
- Expression du couple électromagnétique : $T_{em} = E'.I/\Omega = (N.\Phi.I)/2.\pi$

On peut faire varier la vitesse d'un moteur à courant à excitation indépendante par action sur :

- Le flux inducteur donc sur le par l'intermédiaire de U_e . L'induit est alors alimenté sous sa ddp nominale.
- La tension d'alimentation de l'induit. Le flux dans le moteur est à sa valeur nominale.

Pour la suite du développement, on supposera que le courant absorbé par l'induit reste constant à sa valeur nominale.

ACTION SUR LE FLUX : L'induit du moteur est alimenté sous sa tension nominale.

Evolution de la vitesse :

$$n = (U - R_a.I)/N.\Phi \quad \text{Or } U; R_a; I \text{ et } N \text{ sont constants soit } n = k_1/\Phi$$

Donc si le flux augmente la vitesse diminue ou si le flux diminue la vitesse augmente.

Evolution du couple électromagnétique :

$$T_{em} = (N.F.I)/2.\pi \quad \text{Or } N \text{ et } I \text{ sont constants soit } T_{em} = k_2.\Phi$$

Donc si le flux augmente le couple augmente mais si le flux diminue le couple diminue.

Evolution de la puissance :

$$P_{eu} = T_{em}.\Omega \text{ et } T_{em}.2.\pi \quad \text{Or } T_{em} = k_2.\Phi \text{ et } n = k_1/\Phi \text{ soit } P_{eu} = k_1.k_2$$

Le moteur fonctionne à puissance constante

ACTION SUR LA TENSION D'ALIMENTATION DE L'INDUIT :

Le flux inducteur est constant et à sa valeur nominale.

Evolution de la vitesse :

$$n = (U - R_a.I)/N.\Phi \cong U/N.\Phi \quad \text{Or } R_a; I \text{ et } F \text{ sont constants soit } n = k_3.U$$

Donc si la tension d'alimentation de l'induit augmente la vitesse augmente.

Evolution du couple électromagnétique :

$$T_{em} = (N.F.I_a)/2.\pi \quad \text{Or } N \text{ et } \Phi \text{ sont constants soit } T_{em} = k_4$$

Donc le couple électromagnétique est constant.

Evolution de la puissance :

$$P_{eu} = T_{em}.\Omega \text{ et } T_{em}.2.\pi \quad \text{Or } T_{em} \text{ est constant et } n = k_3.U \text{ soit } P_{eu} = k_5.U$$

Donc si la tension d'alimentation de l'induit augmente la puissance augmente.

La variation de vitesse des moteurs à courant continu par action sur la tension d'alimentation de 0 à U nominale est très utilisée surtout avec le développement des variateurs de vitesse électroniques. Dans ces conditions, le flux dans la machine est nominal et constant. Le moteur fournit alors son couple nominal.

Quand il est nécessaire de dépasser largement la vitesse nominale de rotation du moteur, il est dangereux d'augmenter la tension de l'induit. On agit alors sur le réglage de l'excitation.

C.3. REGULATION DE LA VITESSE DE ROTATION DU DIFFUSEUR.

C.3.1. Vitesse de rotation :

La vitesse des deux moteurs sera maintenue constante grâce au "Tachystor" ; régulation de la vitesse par la variation de la tension d'alimentation des inducts en fonction de la consigne 4-20mA fournie. Les inducteurs de ces moteurs sont alimentés sous leur tension nominale (via le C.E.D.)

Les courants induits dans les deux moteurs sont égaux :

$$E' = Nn\Phi = U - R_a I \quad \text{Soit } I = (U - Nn\Phi) / (R_a)$$

C.3.2. Courants absorbés par les moteurs :

Les moteurs sont identiques : R_a et N ont les mêmes valeurs; donc si les inducteurs des moteurs sont alimentés sous leur ddp nominale (Φ identiques) les courants absorbés par les moteurs seront identiques.

C.3.3. Courants induits :

S'il apparaît une différence entre les courants induits des moteurs cela signifiera que les moteurs ne tournent pas à la même vitesse. A partir de $I = (U - Nn\Phi) / (R_a)$:

Si $I_1 > I_2 \Rightarrow n_1 < n_2$ et inversement.

C.3.4. Différence de vitesse entre les moteurs :

Si un moteur se retrouve entraîné par l'autre, cette machine fonctionnera en génératrice. Les polarités aux bornes de la machine ne s'inversent pas, mais les courants s'inverseront (les flux dans les machines restent constants, Loi de Lenz et de Laplace). Les courants ne seront limités que par les résistances des induits.

C.3.5. Remédiation au problème :

La comparaison entre les courants I_2 et I_1 est fournie au C.E.D. par le module repéré "DI". Pour maintenir la vitesse des deux moteurs constante et égale, le C.E.D. agit sur la valeur de la tension d'alimentation des inducteurs en fonction de l'information délivrée par le "DI". En effet, si $I_2 > I_1 \Rightarrow n_2 < n_1$. La tension d'alimentation de l'inducteur (donc le flux) du moteur 2 sera diminuée par le pont mixte pour rétablir l'équilibre (angle d'amorçage des thyristors plus grand).

C.4. GRANDEURS ELECTRIQUES CARACTERISTIQUES.

C.4.1. Caractéristiques du pont :

Ddp max. que peut délivrer le pont : $\bar{U}_{Max} = \frac{3 \cdot \hat{U}}{\pi} = \frac{3 \times 400 \times \sqrt{2}}{\pi} = 540,2V$

Pour la vitesse minimale du diffuseur : 13 tr.mn⁻¹ soit $n_{mini\ moteur} = 13 / 0,0264 = 492\ tr.mn^{-1}$.

A flux constant, $n = k \cdot U_a$, $U_{amini} = 420 \times 492 / (1470) = 140,6V$

L'angle d'amorçage sera : $\cos \alpha = \frac{U_{amini}}{3\hat{U}} = 0,083$ soit $\alpha = 85,25^\circ$

Pour la vitesse maximale du diffuseur : 42 tr.mn⁻¹ soit $n_{maxi\ mot} = 42 / 0,0264 = 1591\ tr.mn^{-1}$.

A flux constant, $n = k \cdot U_a$, $U_{amaxi} = 420 \times 1591 / (1470) = 454,6V$

L'angle d'amorçage sera : $\cos \alpha = \frac{U_{amaxi}}{3 \times \sqrt{2} \times 400} = \frac{454,6}{3 \times \sqrt{2} \times 400} = 0,268$ soit $\alpha = 72,5^\circ$

C.4.2. Consigne :

Calcul de la consigne pour la vitesse moyenne du diffuseur : 32,8tr.mn⁻¹

4 tr.mn⁻¹ → 4mA ; 50 tr.mn⁻¹ → 20mA

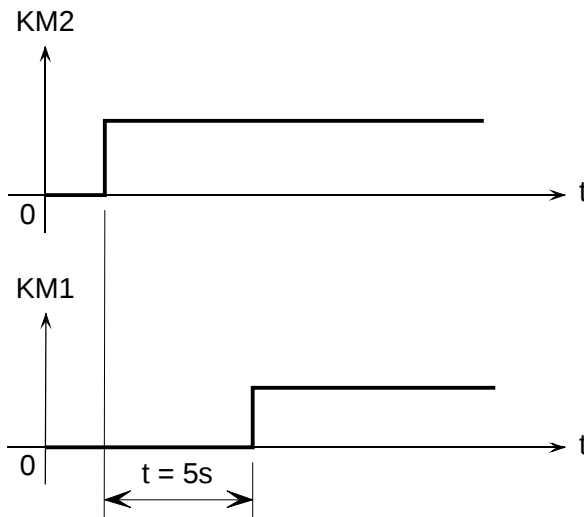
$\Delta I / \Delta n = 16/46$ [32.8tr-4tr=28,8tr] $I_{consigne} = (16 \times 28,8 / 46) + 4 = 14,02mA$

C.4.3. Excitation des moteurs :

Angle d'amorçage pour avoir $U_{en} = 360V$:

$$\bar{U} = \frac{\hat{U}}{\pi} (1 + \cos \alpha) \Rightarrow \cos \alpha = \frac{\bar{U} \cdot \pi}{\hat{U}} - 1 = \frac{340 \cdot \pi}{400 \times \sqrt{2}} - 1 = 0,89 \text{ soit } \alpha = 37,5^\circ$$

C.5. DEMARRAGE DU DIFFUSEUR.



Justification :

La fermeture du contacteur repéré KM1 permet d'alimenter les circuits inducteurs et établit le flux nominal dans les deux moteurs. Cinq secondes après, la fermeture du contacteur KM1 provoque l'alimentation des circuits induits via le convertisseur statique « le Tachystor » qui délivre une ddp variable de 0 à la valeur fixée par la consigne 4/20mA. Le moteur peut alors fournir son couple nominal : $T = (N \cdot \Phi \cdot I) / 2 \cdot \pi$ pour entraîner le diffuseur. La fermeture simultanée des deux contacteurs KM1 et KM2 risquerait de provoquer une forte surintensité dans les circuits induits :

Si $U_a \neq 0$ et $\Phi = 0 \Rightarrow$ couple moteur nul donc vitesse nulle du moteur. Les courants induits ne seraient limités que par la résistance des circuits induits.

CENTRIFUGEUSES 1^{ER} JET

D.1. VITESSE DES CENTRIFUGEUSES LORS DU CHARGEMENT.

- Il faut charger à 200tr/mn pour :
 - permettre une répartition régulière et homogène de la masse cuite dans le panier afin d'éviter le phénomène de « balourd ».
 - permettre de limiter la puissance du moteur.

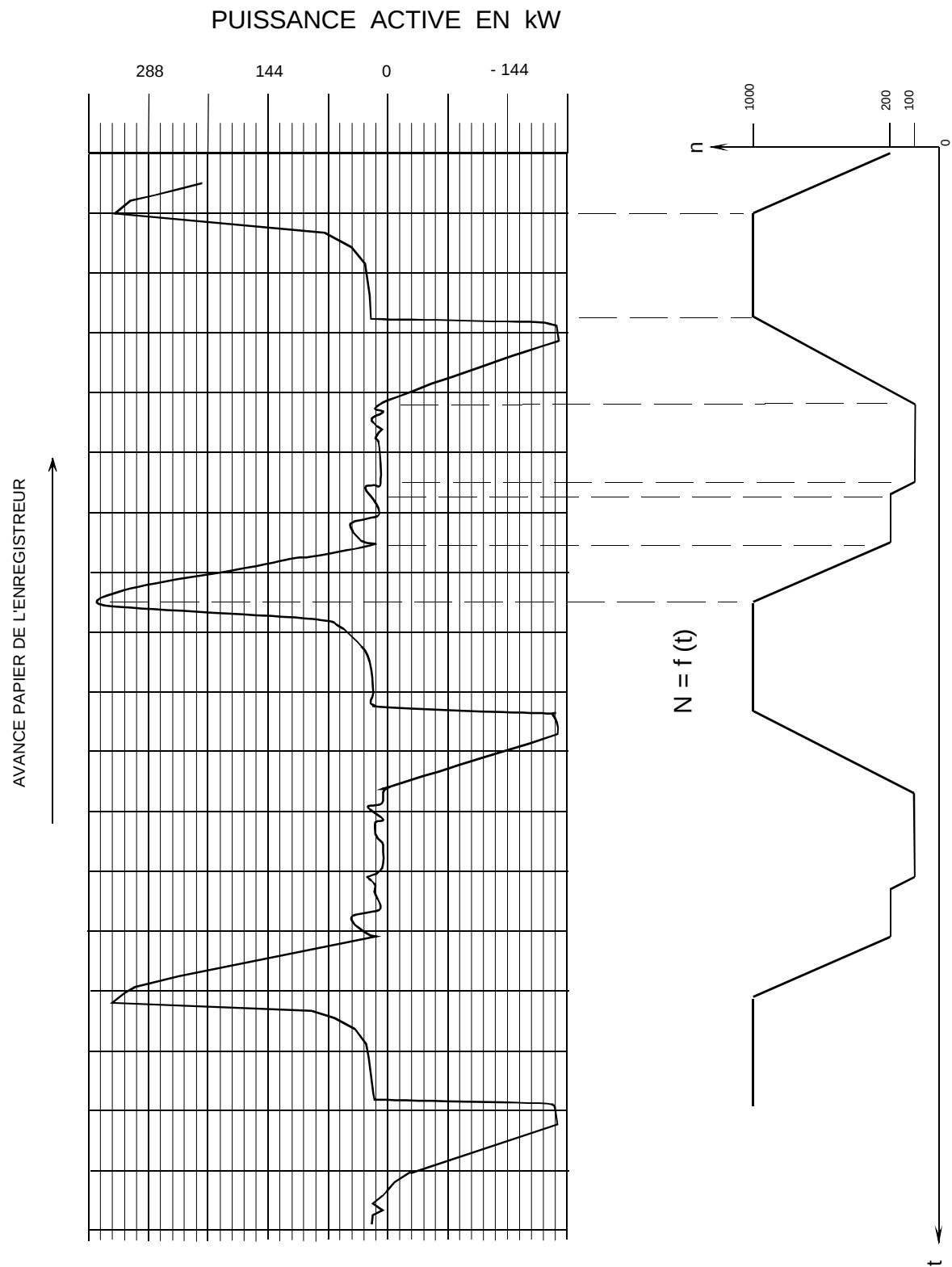
D.2. VITESSE DE CENTRIFUGATION :

- Masse par heure pour une centrifugeuse $= \frac{202,5}{6} = 33,75 \text{ T/h}$.
- Pour 1 cycle : masse cuite traitée $= \frac{33,75 \times 10^3 \times 160\text{s}}{3600} = 1500\text{kg}$
- Volume de masse cuite correspondant : $v = \frac{1500 \times 10^{-6}}{1,451 \times 10^{-3}} = 1,034\text{m}^3$
- Rayon intérieur : $v = \pi \cdot R^2 \cdot h - \pi \cdot r^2 \cdot h \Rightarrow r = \sqrt{\frac{\pi \cdot R^2 \cdot h - v}{\pi \cdot h}} = \sqrt{\frac{\pi \cdot 0,8^2 \cdot 1,1 - 1,034}{\pi \cdot 1,1}} = 0,584\text{m}$
- Rayon moyen : $R_m = \frac{2}{3} \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{0,8^3 - 0,584^3}{0,8^2 - 0,584^2} = 0,697\text{m}$
- Poids de la masse cuite : $P = 1500 \times 9,81 = 14715\text{N}$
- Force centrifuge : $F = G \times P = 780 \times 14715 = 11,48 \cdot 10^6\text{N}$
- Vitesse angulaire de centrifugation :
- $\omega = \sqrt{\frac{F}{M \cdot R_m}} = \sqrt{\frac{11,48 \times 10^6}{1500 \times 0,697}} = 104,73\text{rad/s} \Rightarrow n = 1000\text{tr.mn}^{-1}$
- Temps de centrifugation : $500^2 \times 104 = t_c \times 1000^2 \Rightarrow t_c = \frac{500^2}{1000^2} \cdot 104 = 26\text{s}$

D.3. PUISSANCE DU MOTEUR :

- Moment d'inertie de la masse cuite : $J_M = M \cdot \frac{R^2 + r^2}{2} = 1500 \cdot \frac{0,8^2 + 0,584^2}{2} = 735,5\text{kg.m}^2$
- Moment d'inertie du panier seul : On considère $R=r$ (épaisseur de la tôle négligeable)
- $J_P = m \times R^2 = 400 \times 0,8^2 = 256 \text{ kg.m}^2$
- $J_{\text{TOTAL}} = 991,6 \text{ kg.m}^2$
- Couple accélérateur : $T_a = J_{\text{TOTAL}} \times \frac{d\Omega}{dt} = 991,6 \times \frac{(1000 - 200) \times 2\pi}{60 \times 30} = 2769\text{N.m}$
- Puissance nécessaire à l'accélération : $P_{\text{accélération}} = T \cdot \Omega = 2769 \times \frac{1000 \times 2\pi}{60} = 290\text{kW}$
- Sur la courbe $P = f(t)$, $P_{\text{panier chargé}} = 15\text{kW}$
- $P_{\text{Moteur}} = \frac{290 + 15}{0,9} = 339\text{kW}$ (15kW : P nécessaire pour entretenir le mouvement au η moteur près)
- Choix du moteur : 1000tr/mn $P = 350\text{kW}$ Réf : FLS 355 LKB.

D.4. CHRONOGRAMMES $n = f(t)$ et $P = f(t)$:



D.5. CYCLES ENTRE LES CENTRIFUGEUSES :

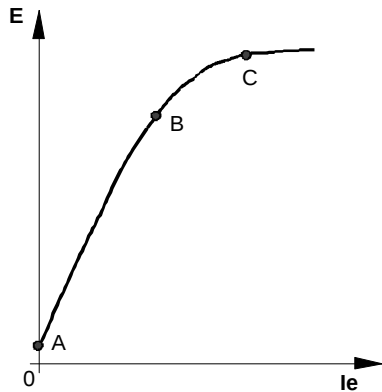
- Intérêt de décaler les cycles :
- Puissance active absorbée par les 6 centrifugeuses plus faible $\Rightarrow$ puissance du transformateur plus faible.
- L'énergie fournie par une centrifugeuse en décélération est utilisée par une autre en phase d'accélération.

D.6. AMELIORATION DU FACTEUR DE PUISSANCE DE CETTE INSTALLATION :

- $\tan \varphi = \frac{W_{\text{réactif}}}{W_{\text{actif}}} = \frac{1045}{193} = 5,4145 \Rightarrow \cos \varphi = 0,182$
- Le $\cos \varphi$ est très faible car le moteur fonctionne à charge nominale pendant la phase d'accélération.
- L'énergie active consommée faible :
- Fonctionnement en génératrice asynchrone pendant la phase de décélération.
- En fonctionnement en générateur, c'est le réseau qui fournit l'énergie réactive.
- $t = 12\text{h}57 - 11\text{h}32 = 1\text{h}25\text{mn}$
- $P = \frac{W_a}{t} = \frac{193}{1,417} = 136,2\text{kW}$
- $\cos \varphi_{\text{mini}} = 0,928 \Rightarrow \tan \varphi = 0,4$
- $Q_{\text{condo}} = 136,2 \cdot (5,4145 - 0,4) = 683\text{kVAr}$
- On choisira la batterie de condensateurs : Rectimat $H^+ \rightarrow 51462$

ASSERVISSEMENT EN VITESSE DES CENTRIFUGEUSES

E.1. Caractéristiques de génératrice à excitation séparée :



La zone AB est la zone de fonctionnement linéaire de la génératrice

La zone BC est une zone de fonctionnement non linéaire ou E n'est plus directement proportionnelle à Ie. La génératrice commence à saturer.

La zone supérieure à C est une zone de saturation.

Nous utiliserons uniquement la zone AB de fonctionnement de la génératrice afin d'avoir un fonctionnement linéaire et à flux constant une tension continuellement proportionnelle à la vitesse de rotation.

E.2. Caractéristiques d'une dynamo tachymétrique :

Pour éviter d'avoir une saturation magnétique, les inducteurs des génératrices tachymétriques sont des aimants permanents qui délivrent donc un flux constant. La caractéristique $E=f(n)$ étant alors une droite.

E.3. Résolution du CAN :

10 volts et 8 bits

$$R = 10 / 2^8$$

$$R = 10/256 = 39 \text{ mV}$$

E.4. Précision de la vitesse de la centrifugeuse :

Vitesse de rotation d'une centrifugeuse = 1000 tr/min

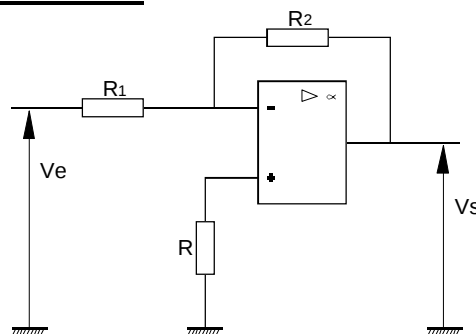
Génératrice tachymétrique : 0,06V/tr $\Rightarrow$ 60V

Pont diviseur $60V \times (R1/R1+R2) = 6,35V$

Précision : $0,039 / 6,35 = 0,61\%$

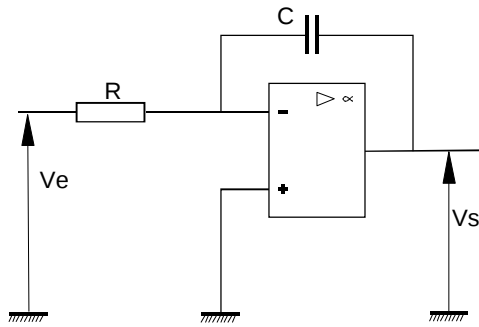
Précision demandée 5% donc 0,61% est OK

E.5. L'amplificateur opérationnel



$$V_s = - \frac{R_2}{R_1} V_e$$

E.6. L'AOP EN INTEGRATEUR



$$v_s(t) = -\frac{1}{RC} \int_{t_x}^{t_y} v_e(t) dt$$

$$V_s = 101 \cdot V_e$$

E.7. NOMBRE D'IMPULSIONS

$$V_s = -\frac{1}{RC} \int_{t_0}^{t_1} V_e dt \quad \text{à } t = t_1 \quad V_s = -4V \quad \text{à } t = t_2 \quad V_s = 0 \quad T_1 = t_2 - t_1$$

$$((V_{ref} / RC) \times T_1) - 4 = 0 \quad T_1 = -4 RC / V_{ref} \quad T_1 = 4 RC / 8 \quad T_1 = 2,475 \text{ ms}$$

Sur la période globale $T_0 + T_1 = 5\text{ms} + 2,475\text{ms} = 7,475\text{ms}$ il y a **187 impulsions de comptées**. Car pour une fréquence de 25 kHz la période de l'horloge est de $4 \times 10^{-5} \text{ s}$.

E.8. MULTIVIBRATEUR ASTABLE

$$f = 25 \text{ kHz}$$

$$T = 4 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

$$C = 1 \times 10^{-9} \text{ F}$$

$$1.1.1.1. T = t_1 + t_2 = (R_1 + 2R_2)C \ln 2 \Rightarrow R_1 + 2R_2 = 57,7 \text{ k}\Omega$$

$$\xi = t_1 / (t_1 + t_2) \quad \delta = R_1 + R_2 / (R_1 + 2R_2) = 0,6 \quad R_1 + R_2 = 0,6 \times 57,7 = 34,6 \text{ k}\Omega$$

$$1.1.1.2. R_1 + 2R_2 = 57,7 \text{ k}\Omega \quad R_1 + R_2 = 34,6 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 23,1 \text{ k}\Omega \quad R_1 = 11,5 \text{ k}\Omega$$

E.9. LE COMPTEUR

Basculer JK

E.10. CHRONOGRAMME

