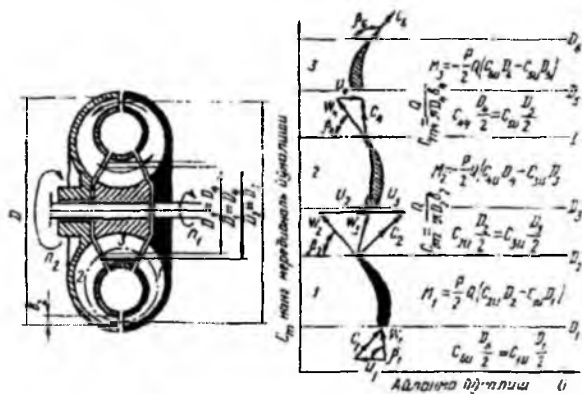


## XXI bob. GIDRODINAMIK TRANSFORMATORLAR

### 3.9-§. Gidrotransformatorning vazifalari, guruhlanishi, tuzilishi va ishlash jarayoni

Burovchi momentni va yetaklanuvchi valning aylanishlari sonini yetaklovchi val aylanishlari soniga nisbatan o'zgartirish yo'li bilan quvvatni yetaklovchi valdan yetaklanuvchi valga uzatuvchi energetik mashina buruvchi moment gidrotransformatori deb ataladi. Yetaklovchi va yetaklanuvchi vallari bir tomonga aylanuvchi gidrotransformatorlar to'g'ri yo'lli, qarama-qarshi tomonga aylanuvchilari esa teskari yo'lli gidrotransformatorlar deyiladi.

Gidrotransformatorning korpusi reaktor kuraklarida hosil bo'ladigan va korpus bilan bog'liq bo'lgan reaktiv momentni qabul qiluvchici tashqi tayanchga ega. Bunday transformatorlar bir bosqichli nasos bir, ikki va uch bosqichli turbina bilan hamda bir yoki bir neshta reaktor, uch, to'rt va ko'p bosqichli turbina bilan birga ishlaydigan qilib qurilishi mumkin. Bularning eng soddasi uch g'ildirakli gidrotransformatordir (3.14-rasm). Bu gidrotransformatorida dvigatel yordamida harakatga keltiriladigan va anchagina kichik burchak tezlik bilan aylanadigan nasos g'ildiragi ish suyuqligini turbina 2 ga yo'naltiradi.



3.14- rasm. Gidrotransformator

Energiyasini turbinaga bergan suyuqlik qo'zg'almas kurakli reaktor Z orqali nasosga qaytadi. Reaktoring qo'zg'almas kuraklari nasos va turbina orasidagi suyuqlikning harakat miqdori momentini o'zgartiradi. Natijada turbinaning aylanish momenti va burchak tezligi mos ravishda o'zgaradi.

Gidrotransformator ish bo'shlig'ida reaktoring mavjudligi tufayli turbinaning burchak tezligi uning valiga yuklangan moment kattaligiga bog'liq ravishda o'zgaradi. Shunday qilib,

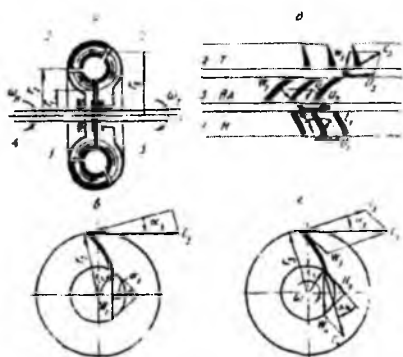
gidrotransformatorlarda nasos hosil qilgan suyuqlik oqimi turbina va reaktor kuraklaridan ketma-ket o'ta borib, turbinani o'zgaruvchan burovchi moment yordamida nasos bilan bir tomonga aylantiradi.

Gidrotransformatorning ishini nasos g'ildiragining aylanishlari o'zgarish bo'lganda uyurma aylanasidagi suyuqlik sarfi o'zgarish deb faraz qilib ko'rib chiqamiz. Haqiqatda esa, sarf uzatish nisbatining kichrayishi bilan oz bo'lsa ham o'sib boradi. Biroq, sarfning bu o'zgarishi gidrotransformator ishiga uncha ta'sir ko'rsatmaydi.

Sarf o'zgarish bo'lganda reaktor kuraklari qo'zg'almas bo'lgani sababli nasos g'ildiragiga kelayotgan oqimning kattaligi va yo'nalishi o'zgarishmaydi. Shuning uchun turbina g'ildiragi ish tartibining o'zgarishi bilan nasos g'ildiragiga kirishdagi tezlik uchburchagi o'zgarishmay qoladi. Bu sharoitda  $Q = const$  va  $n_n = const$  nasos g'ildirigidan chiqishdagi tezlik uchburchagi ham o'zgarishmay qoladi. Shuning uchun turbina g'ildiragining hamma tarkiblarida nasos g'ildirigidagi moment o'zgarishmaydi.

### 3.10-§. Asosiy parametrlar, tenglamalar va ularning mohiyati

$M_n, M_r, \eta, n_n, n_m$  kattaliklar va transformasiya koeffitsienti  $K$  gidrodinamik transformatorning ishini xarakterlaydigan asosiy parametrlardir.



3.15- rasm. Gidrotransformatorning kengaytirilgan sxemasi

1-nasos g'ildiragi; 2-turbina g'ildiragi; 3-yo'naltiruvchi apparat; 4 -  $\omega_n$  burchak tezlik bilan aylanadigan nasos g'ildiragining vali 5- $\omega_m$  burchak tezlik bilan aylanadigan turbina g'ildiragining vali.

Yo'naltiruvchi apparat gidrotransformatorga qo'zg'almaydigan qilib mahkamlangan va undan chiqadigan  $c_2$  tezlik kurak bo'ylab yo'naltirilgan (3,15- rasm, a, v, b).

Shuni aytib o'tish kerakki, gidrodinamik transformatorlarning hisoblash tenglamalari gidrodinamik muftalarni hisoblash tenglamalarining xuddi o'zi, lekin ular moment o'zgarishining boshqa miqdor va boshqa qonunlarga bo'ysunishi bilan farqlanadi.

3.15-rasmda gidrotransformatorning sxemasi berilgan. Sxemada quyidagi belgilashlar kiritilgan: 1-nasos g'ildiragi; 2-turbina g'ildiragi; 3-yo'naltiruvchi

3.15-rasm, b da kuraklarning joylashish sxemasi va nasos g'ildiragi  $1(H)$  yo'naltiruvchi apparat  $3(YA)$  va turbina g'ildiragi  $2(T)$  dagi tezliklar parallelogrami berilgan.

Nasos g'ildiragidagi moment  $M_n$  turbina g'ildiragidagi  $M_m$  va yo'naltiruvchi apparat g'ildiragidagi  $M_{YA}$  dagi momentlarning ayirmasiga teng. Turbina g'ildiragidagi moment esa nasos g'ildiragi va yo'naltiruvchi apparat momentlarining yig'indisiga teng:

$$\begin{aligned} M_n &= M_m - M_{YA} \\ M_m &= M_n + M_{YA} \end{aligned} \quad (21.1)$$

(21.1) tenglama gidrotransformator g'ildiraklari aylanishining gidravlik momentlar muvozanatini ifodalaydi. Nasos g'ildiragidagi moment gidromuftadagi kabi quyidagiga teng bo'ladi:

$$M_n = \frac{\gamma Q}{g} (c_2 r_2 \cos \alpha_2 - c_1 r_1 \cos \alpha_1), \quad (21.2)$$

3.15-rasm, v, g larda turbina g'ildiragidagi suyuqlik zarrachalarining harakat tezligi ko'rsatilgan. Turbina g'ildiragidagi moment quyidagiga teng bo'ladi:

$$M_m = \frac{\gamma Q}{g} (c_3 r_3 \cos \alpha_3 - c_1 r_1 \cos \alpha_1). \quad (21.3)$$

Shuningdek, yo'naltiruvchi apparat momenti quyidagiga teng:

$$M_{YA} = \frac{\gamma Q}{g} (c_3 r_3 \cos \alpha_3 - c_2 r_2 \cos \alpha_2) \quad (21.4)$$

Yo'naltiruvchi apparatning tegishli ish sharoitida, turbina validagi moment nasos validagi momentdan katta bo'ladi.

Burovchi momentni ko'proq uzatish uchun gidrotransformator turbinasidagi kuraklar kaltaroq, juda egilgan va katta diametr aylanasida joylashtirilgan bo'lishi kerak. Turbina g'ildiragi kuraklarini shunday egish mumkinki, unda  $c_4 \cos \alpha_4$  vektor ga teskari tomonga yo'nalgan bo'ladi. Shunga o'xshash hodisa nasos g'ildiragida ham bo'ladi. Turbina vali momentining nasos vali momentiga nisbati gidrotransformatorning transformasiya koeffitsienti deyiladi va quyidagicha yoziladi:

$$K = \frac{M_m}{M_n}$$

Gidrotransformatorning transformasiya koeffitsienti  $w_n = \text{sonst}$  bo'lganda  $w_m$  ning o'zgarishiga bog'liq bo'ladi. Gidrotransformatorning turiga qarab transformasiya koeffitsienti  $2 \div 6,5$  orasida bo'ladi.

Gidrotransformatorning foydali ish koeffitsienti quyidagicha hisoblanadi:

$$\eta = \frac{N_m}{N_n} = \frac{M_m n_m}{M_n n_n} = \frac{K}{i} \quad (21.5)$$

bunda  $i$  – uzatish soni  $\left( i = \frac{n_n}{n_m} \right)$ ;  $N_n$  va  $N_m$  – mos ravishda nasos va turbina g'ildiraklarining quvvati.

Gidrotransformatorning asosiy o'lchamlari gidromufta uchun berilgan (3.5-§) formulalar bilan aniqlanadi, shuning uchun ularga to'xtalmaymiz.

### 3.11-§. Gidrotransformatorlarda energiyani yo'qotilishi

Gidrotransformatorni hisoblash tenglamalari aylanishlar soni  $n_n$  ning anchagina miqdorga o'zgarishida ham o'rinni bo'lishiga qaramasdan,  $i$  ning o'zgarish qiymatida  $n_n$  ning kamayishi FIK ning kamayishiga sabab bo'ladi. Bu mexanik yo'qotishning hissasi ortishiga bog'liq. Ishqalanish momenti aylanishlarga ham bog'liq, lekin momentning gidravlik yo'qotish hisobiga kamayishi aylanishlar sonining kvadratiga proporsional. Shuning uchun katta aylanishlarda mexanik yo'qotishning umumiy yo'qotish balansiga ta'siri katta emas. Kichik aylanishlarda esa mexanik yo'qotish momentining nisbiy kattaigi so'zsiz ortadi.

Aylanishlar soni  $n_n$  ko'p ortganda ba'zan, kavitatsiya hodisasi paydo bo'lishi sababli FIK kichiklashib ketishi mumkin.

Gidrotransformatorlarning ba'zi turlarida yo'qotishlarning o'rtacha kattaligi quyidagicha bo'ladi.

Gidravlik va ventilyasion yo'qotishlar:

nasos g'ildiragida 3,5-4,5%;

turbina g'ildiragida-2,5-3,5%;

hajmiy yo'qotish-2,5-3,5%;

qolgan ko'rinishdagi yo'qotishlar-2,5-3,5%;

to'liq yo'qotish-11,0-15,0%.

Gidrotransformator optimal ishlaganda yo'qotilgan energiyani quyidagi formula yordamida aniqlash mumkin:

$$h_{opt} = \frac{\xi_{opt}}{2g} \cdot \frac{w_{opt}^2}{2g} \quad (21.6)$$

bu yerda  $h_{opt}$  – optimal ish tartibida yo‘qotilgan bosim;  $\xi_{opt}$  – gidrotransformatorning optimal ish tartibida yo‘qotish koeffitsienti;  $w_{opt}$  – optimal tartibdagi hisoblangan nisbiy tezlik.

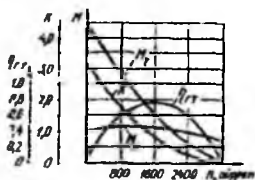
Optimaldan farqli ish tartibida ortiqcha yo‘qotilgan bosim suyuqlikning bir nasosdan boshqasiga o‘tishida oqim yo‘nalishi bilan kirishdagi kurak qirralarining mos kelmasligi natijasida paydo bo‘ladi. U quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$h_{zar} = \xi_{zar} \frac{w_n^2}{2g} \quad (21.7)$$

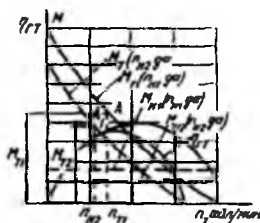
bu yerda  $h_{zar}$  – oqimning optimaldan chetga chiqishi natijasida zarbaga yo‘qotilgan sarf;  $\xi_{zar}$  – gidrotransformator zarbaga yo‘qotish koeffitsienti;  $w_n$  – oqim nisbiy tezliklari geometrik farqining proyeksiyasi.

### 3.12-§. Turli gidrotransformatorlarning tashqi xarakteristikalari

Gidrotransformatorning tashqi xarakteristikasi 3.16-rasmda, universal xarakteristikasi 3.17-rasmda keltirilgan. Gidrotransformatorning tashqi xarakteristikasi, nasos g‘ildiragining nominal aylanishlari soni o‘zgarmas bo‘lganda, nasos va turbina g‘ildiraklari buruvchi momentlari va FIK ning turbina g‘ildiragi aylanishlari soniga bog‘liqlik grafiklaridan iborat.



3.16- rasm Gidrotransformatorning tashqi xarakteristikasi



3.17- rasm. Gidrotransformatorning universal xarakteristikasi

Tashqi xarakteristikani ba‘zan transformatsiya koeffitsienti bilan to‘ldiriladi:

$$K = \frac{M_m}{M_n} = f(i) \quad (21.8)$$

Gidrotransformatorning tashqi xarakteristikasini qurish uchun ishonchli qiymatlarni faqat gidrotransformatorni sinash yo‘li bilan olish mumkin. Xarakteristikadan ko‘-

rinadiki, gidrotransformator dvigatelning o'zgarmas yuklanishini ( $M_n$  grafigi gorizontaal chiziqdan iborat) va moment ( $M_m$  chizig'i) ning avtomatik ortishini ta'minlaydi. Bu ish organida zo'riqishni oshirish (aylanish soni  $n_m$  ni mos ravishda pasaytirish) vaqtida bo'ladi:

Odatda,

$$K = \frac{M_{n_{max}}}{M_n} < 6$$

bu yerda  $M_m$  – turбина g'ildiragidagi (yetaklanuvchi valdagi) burovchi moment;  $M_n$  – nasos g'ildiragidagi (yetaklovchi valsagi) burovchi momenti. Yetaklovchi valda aylanish tezligining kamayishi bilan momentning ortishi aylanish yo'qligida turбина kuraqlari oqimga eng qulay joylashuvi va bunda burovchi momentning eng kattaligi bilan tushuntiriladi.

Nasos momentining uzatish soni  $i$  ortishi bilan o'zgarishi xarakteristikaning „shaffofligi“ deyiladi. Agar  $i$  ortishi bilan  $u$  ortsa, xarakteristika „shaffof“, aksincha kamaysa, xarakteristika „shaffof emas“ deyiladi. Eslatib o'tish kerakki, gidromuftaning maksimal FIK 0,98 ga etganda gidrotransformatorning maksimal FIK 0,85 ga teng bo'ladi.

Gidrotransformatorning universal xarakteristikasi ikki xil ko'rinishda bo'lishi mumkin. Universal xarakteristikaning birinchi ko'rinishida nasos g'ildiragi aylanishlari sonining bir qancha o'zgarmas qiymatlariga to'g'ri kelgan tashqi xarakteristikalar bitta grafikda joylashtirilgan bo'ladi.

Universal xarakteristikadan ko'rinadiki, turбина g'ildiraklari momentlari nisbati nasos g'ildiragi aylanishlari soni kvadratlariga proporsional bo'ladi:

$$\frac{M_{m2}}{M_{m1}} = \frac{n_{n2}^2}{n_{n1}^2} \text{ yoki } M_{m2} = M_{m1} \left( \frac{n_{n2}}{n_{n1}} \right)^2 \quad (21.9)$$

Turбина g'ildiragi aylanishlari sonini FIK tengligidan topish mumkin

$$\eta_{g11} = \eta_{g12}$$

ya'ni

$$\eta_{g11} = \frac{M_{n1} n_{n1}}{M_{m1} n_{n1}} \quad \eta_{g12} = \frac{M_{n2} n_{n2}}{M_{m2} n_{n2}}$$

bundan

$$\frac{M_{n1}n_{n1}}{M_{n1}n_{n1}} = \frac{M_{n2}n_{n2}}{M_{n2}n_{n2}} \quad (21.10)$$

$M_{n1}$  ning  $n_{n1}$  ga tegishli va  $M_{n2}$  ning  $n_{n2}$  ga tegishli qiymatlarini (21.10) tenglamaga qo'ysak, quyidagini olamiz:

$$n_{n2} = n_{n1} \frac{n_{n2}}{n_{n1}} \quad (21.11)$$

Topilgan  $n_{n2}$  dan  $M_{n2}$  momentni topamiz va xarakteristika grafigiga joylashtiramiz (3.17-rasmdagi  $A_1$  nuqta). Agar turbina g'ildiragining aylanishlari soni  $n_{n1}$  bo'lganda nasos g'ildiragining burovchi momenti  $M_{n1}$  nasos g'ildiragining  $n_{n1}$  aylanishlari soniga mos bo'lsa, u holda turbina g'ildiragining aylanishlari soni  $n_{n2}$  bo'lganda nasos g'ildiragining  $M_{n2}$  momenti nasos g'ildiragining  $n_{n2}$  aylanishlari soniga mos keladi va quyidagi munosabatdan topiladi:

$$\frac{M_{n2}}{M_{n1}} = \left( \frac{n_{n2}}{n_{n1}} \right)^2 \quad (21.12)$$

bundan

$$M_{n2} = M_{n1} \left( \frac{n_{n2}}{n_{n1}} \right)^2$$

Ma'lum burovchi moment va aylanishlar sonidan gidrotransformatorning FIK quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\eta_{n2} = \frac{M_{n1}n_{n1}}{M_{n2}n_{n2}} \quad (21.13)$$

Shu yo'l bilan qurilgan universal xarakteristika 3.18-rasmda keltirilgan, bunda 1÷6 lar nasos aylanishlari sonining 4000; 1800; 1600; 1400; 1200; 1000 qiymatlariga mos ravishda qurilgan.

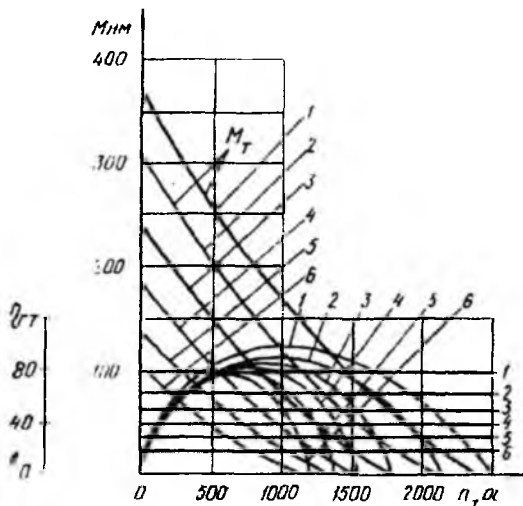
Universal xarakteristikaning ikkinchi ko'rinishi gidrotransformatorning keltirilgan xarakteristikasi asosida quriladi. Buning uchun nasos g'ildiragining aylanish soni  $n_n = \text{sonst}$  tanlab olinadi va  $i$  ning bir qancha qiymatlari va unga tegishli  $n_i = in$  lar olinadi. Keltirilgan xarakteristikadan foydalanib quyidagilar hisoblanadi:

$$M_1 = \lambda_M \gamma D^5 n_1 = M \lambda_M \quad (21.14)$$

$$M_2 = K M_1, \quad (21.15)$$

$$\eta = f(i) = f(n_2) \quad (21.16)$$

bu yerda  $\lambda_M$  – nasos yoki turbina momentining proporsionallik koeffisienti.



3.18 - rasm. Nasos aylanishlar sonining oltita qiymatiga moslab qurilgan universal xarakteristika

(21.14) va (21.15) tenglamalardan foydalanib turbina g'ildiragining aylanishlari soniga bog'liq ravishda  $M_1$  va  $M_2$  egri chiziqlar quriladi. Xuddi shu usul bilan nasos g'ildiragi  $n = an$  aylanishlari sonining boshqa qiymatlari uchun egri chiziqlar quriladi (bunda  $a$  ning qiymatlari  $a = 0,9; 0,8; 0,7$  va hokazo olinadi) va universal xarakteristika hosil qilinadi.

### 3.13-§. Gidrotransformator uchun o'xshashlik formulalari va ularning qo'llanishi.

O'xshashlik formulalari o'xshashlik nazariyasining natijasi bo'lib, gidrotransformatorni loyihalashda va tajribalarda katta amaliy ahamiyatga ega. Ularning hammasi parrakli gidromashinalarning o'xshashlik qonunlarini qo'llashga asoslangan va „Nasoslarning o'xshashlik nazariyasi asoslari“ bo'limida ko'riladi. O'xshashlik prinsiplari (modellashtirish) model sifatida qabul qilingan va nisbiy ish parametrlari  $k$ ,  $i, \eta$  ga mos keluvchi parrakli sistemaning o'lchamlari va tajriba xarakteristikalari ma'lum bo'lganda boshqa parrakli sistema ushun  $u_m$ ,  $M_m$ ,  $n_m, n_m$  larning berilgan



qiymatlarni qanoatlantiruvchi o'Ichamlari va xarakteristikalarini aniqlashga imkon beradi. Bu  $n = \text{sonst}$  bo'lganda kerakli gidrouzatmaning tajriba xarakteristikalarini hisoblashga imkon beradi. Shuningdek, modellashtirish gidrouzatmani sinashda va parrakli sistemalarni yaratishda tajriba ishlarining hajmini keskin kamaytiradi. Ikki ish tartibi o'xshashlik qonunlariga muvofiq geometrik o'xshash parrakli g'ildiraklar chekkalarida tezlik uchburchagi o'xshash bo'ladi.

Yuqoridya aytilganlardan, ish tartiblari o'xshashlik shartining tashqi belgisi uzatma nisbati  $i$  ning o'zgarasligidir. Bundan ko'rinadiki, parrakli g'ildirakka oqim tomondan qo'yilgan moment ish suyuqligi zichligiga,  $\omega$  burchak tezligining kvadratiga va g'ildirak o'lchami  $D$  ning beshinchi darajasiga proporsionaldir:

$$M = \rho\omega^2 D^5 \quad (21.17)$$

(21.17) munosabatni parrakli g'ildirak momentining proporsionalligi deb ataladi. Gidrouzatma uchun yetaklovshi val aylanishlar shastotasi-aylanishlarning xarakterli soni  $n_n$  sifatida qabul qilinadi, xarakterli o'Ichamlar uchun ish bo'shlig'ining eng katta diametri olinadi. (21.17) ifodaga muvofiq shunga o'xshash gidrouzatma uchun  $i = \text{sonst}$  tartibida ishlaganda

$$\frac{M_n}{\rho\omega^2 D^5} = \lambda \text{ va } \frac{M_m}{\rho\omega^2 D^5} = K\lambda_n = \lambda_m \quad (21.18)$$

nisbatlar o'zgaras bo'lishi kerak.

(21.18) ga muvofiq bunday tartiblarda  $K = \frac{M_m}{M_n} = \frac{\lambda_m}{\lambda_n}$  va  $\eta = Ki$  qiymatlari bir

xildir  $i = \text{const}$  qiymatlarni momentlarning koeffisientlari deb ataymiz Gidrouzatmalarni sinash yo'li bilan,  $i = \text{const}$  bo'lganda, momentlarning qiymatlari kvadrat parabolalar bo'yicha joylanishiga ishonch hosil qilish mumkin:

$$M_n = \lambda_n \rho \omega_n^2 D^5 = c_n n_n^2, \quad (21.19)$$

$$M_m = K\lambda_n \rho \omega_n^2 D^5 = c_m n_m^2 \quad (21.20)$$

Bu ish tartibida esa FIK taxminan o'zgaras bo'ladi. Bu esa (21.18) munosabatning o'zgarasligini tasdiqlaydi. Ba'zi proporsionallik shartidan chetga chiqish hollari bo'lib, ular quyidagilar:

1) Gidrouzatmalardagi oqimlar uchun  $Re$  sonlarining farq qilishi, gidrouzatma uchun

$$Re = \frac{\omega_n D^2}{\nu} \quad (21.21)$$

Gidravlik qarshilik koeffitsientlari, ayniqsa, ishqalanish,  $Re$  sonining oshishi bilan kamayadi va birorta limitga intiladi. Shuning uchun gidrouzatma  $n_n$  yoki  $D_n$  kamayishi bilan, shuningdek suyuqlik qovushoqligi  $\nu$  ning o'lishi bilan,  $i=sonst$  moment koeffitsienti kamayadi. Bu esa gidrotransformatorlarda uzatish momentining pasayishiga, ya'ni  $K$  va  $\eta$  laring kamayishiga olib keladi.

2) Oqar qismning silliqmaslik miqdori bilan zichlagich tirqishlarining o'lchamlari orasidagi mutanosiblikka rioya qilinmaslik bilan ifodalanuvshi masshtab faktorlarining ta'siri silliqmaslik va  $D$  nisbatida ko'rinadi.  $D$  ning o'lchami kamayishi bilan nisbiy silliqmaslik ortadi va ishqalanishga ketadigan sarf kattalashadi. Bundan tashqari, tirqishlarni zichlagich nisbiy o'lchami ortadi va oqib ketish sarfining ulushi ortadi. Turbina gildiragi parraklar sistemasini oqib o'tuvchi oqim energiyasi, oqib ketish natijasida, kamayadi. Har ikkala masshtab faktorlari ( $i=sonst$  bo'lganda) oqimning kinematik o'xshashligini bo'ladi va kichik gidrouzatmaning xarakteristikasini kattasiniqiga qaraganda yanada yomonlashtiradi.

3. Gidrouzatma uzatadigan momentlar uchun, podshipnik va zichlagichlarda ishqalanish sababli, (21.17) proporsionallik shartining bajarilmasligi. Proporsionallik shartining buzilishiga sabab  $n_n$  va  $D$  kamayishi va  $\nu$  qovushoqlikning kattalashishi bilan oqim hosil qilgan ishqalanish momenti  $M_n$  momentga nisbati o'sib boradi. Bunday sharoitda xarakteristikani qayta hisoblashda aniqlik buziladi.

### 3.14-§. Gidrotransformatorlarning dvigatellar bilan birgalikda ishlashi

Gidrotransformatorlar o'zgaruvchan tok elektrodvigelari, gaz turbinalari, karbyuratorli va dizelli ichki yonuv dvigatellari bilan birgalikda ishlatiladi. Agregatning gidrotransformator bilan birgalikda ishlashining xarakteristikasini qurish uchun dvigatel, gidrotransformator va ijrochi mashinaning xarakteristikalari mavjud bo'lishi zarurdir. Biror dvigatelning gidrotransformator bilan birgalikdagi ishlashining xarakteristikasini olish uchun dvigatel xarakteristikasini gidrotransformator nasosi g'ildiragining xarakteristikasi bilan birlashtiriladi. Bu xarakteristikalarning kesishish nuqtalari ularning birgalikdagi ishini ifodaladi Dvigel-gidrotransformator agregatining tashqi xarakteristikasini va ijroshi mashinaning xarakteristikasini bilgan holda bu

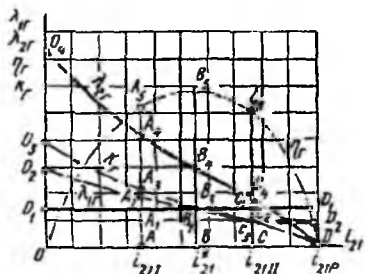
mashinaning harakat qonunini topish mumkin. Hidrotransformatorlar,  $M_n$  nasos va  $M_m$  turbina g'ildiraklarining momentlarini aniqlash formulalari yordamida, xarakteristika bo'yicha tanlab olinadi.

Birgalikdagi xarakteristikalarni o'rganish va gidrotransformatorlarni turli dvigatellar bilan qo'llash tajribasi quyidagilarni ko'rsatadi:

1. Katta „shaffoflik“ xarakteristikasiga ega bo'lgan gidrotransformatorlarning karbyuratorli ichki yonuv dvigateli bilan ishlashida eng yaxshisi dvigatel quvvatidan foydalanishdir;

2. Kichik „shaffoflik“ xarakteristikali gidrotransformatorlarning dizel bilan birga ishlashi qulay;

3. Rostlanmaydigan o'zgaruvchan tok elektr dvigateli bilan ishlaganda „shaffofmas“ xarakteristikali gidrotransformatorlardan foydalanish qulay.



3.19 - rasm. Gidrotransformator

xarakteristikasining ko'rinishda berilishi

aktivlik diametri  $D$ , FIK  $\eta$  va transformasiya koeffitsienti  $K$  ning o'zgarishi qonunida moment koeffitsienti ( $O_2B_1D$  punktir chiziq)  $\lambda_{1g}$  ning esa boshqa o'zgarish qonuniyatida FIK ning maksimal tuzumida o'sha ( $BB_1$ ) kattalikka  $\lambda_{1g}$  mos bo'lgan holda ikkinchi gidrotransformatorning ishini ham ko'rib chiqamiz.

Dvigatel xarakteristikasi 3.20-rasm, tutash chiziq-yonilg'i to'la berilganda shtrix-punktir chiziq esa yonilg'i xarakteristikalar).

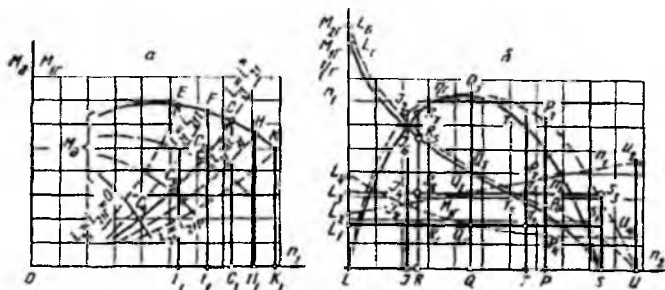
(21.14) tenglamaga o'xshash tenglamadan foydalanib:

$$M_{1g} = \lambda_{1g} \nu m_1 D^5 \quad (21.22)$$

Gidrotransformatorning ichki yonuv dvigateli bilan birgalikda ishlashini ko'rib chiqamiz.

Gidrotransformatorning xarakteristikasi  $\lambda_{1g}(O, D_2)$  va  $\lambda_{2g}(O, D)$  ko'rinishda 3.19-rasmda ko'rsatilgan. Gidrodinamik transformator "shaffofmas" yoki ma'lum darajada "shaffof" xarakteristikaga ega bo'lishiga qarab masala har xil ko'riladi. Shaffoflik darajasining ta'sirini aniqlash uchun

aylanishlar soni  $n_1$  har xil bo'lganda, nasos g'ildiragi dvigateldan olgan momenti  $M_{1g}$  ni hisoblash mumkin. Bu momentni tasvirlovchi grafik 3.20-rasm, *a* da parabola ko'rinishida tutash chiziq bilan ko'rsatilgan.



3.20 - rasm. Dvigatel xarakteristikasi va kirish xarakteristikasi

$S$  nuqtaning koordinatalari, yuklanishining demakki turbina g'ildiragi aylanishlar sonining ixtiyoriy o'zgarishida o'zgaraydigan, uning aylanishlar soni ( $n_d = n_1 = OC_1$ ) ni va dvigateldan olinadigan moment ( $M_d = M_{1g} = cC_1$ ) ni aniqlaydi.

Dvigatel to'liqmas xarakteristikalarda ishlaganda mos ravishda uchragan  $s_2$ ,  $s_3$ , va  $s_4$  nuqtalar o'zlarining koordinatalari bilan dvigatelning yuklovchi momentini va aylanishlar sonini aniqlaydi. Demak, dvigatelning hamma xarakteristikalari maydonidan  $s_4s_1$  parabola yotgan nuqtalarigina ishlatiladi va ular uchun yoqilg'ining solishtirma sarfi mumkin qadar kam bo'lishiga erishish uchun harakat qilish kerak. Ulardan tashqari, dvigatel xarakteristikasini yuklash zonasi qat'iy reglamentasiya qilinganda gidrodinamik transformator boshqarish dvigatelining moslovshisi ham bo'ladi. 3.20-shakl, *b* da gidrodinamik transformator nasos g'ildiragining ishki yonuv dvigateli bilan birgalikdagi ishining xarakteristikasi tasvirlangan bo'lib, u qirish xarakteristikasi deb ataladi. Turbina g'ildiragining aylanishlari soni har xil bo'lganda kirish xarakteristikasi, ya'ni  $M_{2g}, M_{1g}\eta$  va  $K_g$  har xil uzatish nisbtlari  $i$  uchun hisoblanadi. Shunday uzatish nisbatlaridan birini ko'rib shiqamiz:  $i_{21} = OA = i_{211}$ . Buning uchun 3.19-rasmdan  $K_2 = AA_3$  va  $\eta_g = AA_3$  larni topish mumkin. 3.20-rasm, *a* dan esa bu uzatish nisbati uchun  $n_1 = OC_1$  va  $M_{1g} = C_1C$  larni topamiz.  $i_{21} = n_{21}$ , tenglamadan turbina g'ildiragi aylanishlari soni aniqlanadi:  $n_{21} = i_{21}n_{11}$ , bu esa tanlab olingan masshtabda

$M_{1g}, n_1, -M_{2g} = K_2 M_{1g}$  va  $\eta_2$  qiymatlarini  $R_1, R_2$  va  $R_3$  nuqtalar bilan qayd qilishga imkon beradi.

Bir qancha uzatish nisbatlari uchun shunga o'xshash ish bajarsak,  $M_{1g}, -M_{2g}, \eta_2$  va  $n_1$  larni mos ravishda ifodalovchi  $L, R, Q, T, S; L_5, R_5, Q_5, T_5, S; L, R, Q, T, S$  va  $L_3, R_3, Q_2, T_3, S_3$  xarakteristikalarini hosil qilamiz.

Dvigatel to'liqmas xarakteristikalarda ishlaganda ham chiqish xarakteristikalari shu usul bilan quriladi, faqat bu hol uchun  $n_1 = OC_1$  va  $M_{1g} = C_1C$  kesmalar o'rniga  $S_2, S_3$  va  $S_4$  nuqtalarning mos keluvchi koordinatalaridan foydalaniladi. Hidrodinamik transformatorga ega bo'lgan mashinalarning hisobi shu usul bilan olingan chiqish xarakteristikalari yordamida bajariladi. Biror shaffoflikka ega bo'lgan gidrodinamik transformator ishlaganda kirish xarakteristikasi boshqacha olinadi. Qator uzatish nisbatlarini berish bilan har biri uchun o'z momenti  $\lambda_{1g}$  ning qiymati olinadi. Demak,  $i_{21} = i_{21r} = 0$  uchun  $\lambda_{1g, r} = OO_2$  (3,19-rasmga qarang);  $i_{21} = i_{211}$  uchun  $\lambda_{1g, r} = AA_2$ ;  $i_{21} = i_{211}^*$  uchun  $\lambda_{1g, r}^* = BB$ ;  $i_{21} = i_{211}$  uchun  $\lambda_{1g, r11} = CC_2$  va tezlatish tartibi  $i_{21} + i_{21p}$  uchun  $\lambda_{1g, r} = DD_2$ . Shuning uchun har bir uzatish nisbati uchun o'zining yuklanish parabolasini bo'ladi va u kirish xarakteristikasi bo'yicha hisoblanadi. Dvigatel tashqi xarakteristikasi bilan yuklanish parabolasining kesishish nuqtalari o'z koordinatalari (3.20-rasm a ga qarang, E, F, S, H va K nuqtalar) yordamida nasos g'ildiragi aylanishlari soni  $n_1$  va nasos g'ildiragiga tashqi yuklanish momentlari aniqlanadi. Dvigatel xarakteristikasining ish qismi parabolalar bog'lamini chizish bilan aniqlanadi va aynan shu qismda yoqilg'ining eng kam solishtirma sarfiga ega bo'ladi. Chiqish xarakteristikasida har bir tanlab olingan uzatish nisbatiga tegishli nuqtalar ko'riladi, bunda „shaffofmas“ xarakteristikali transformatoridan farqli ravishda har bir uzatish nisbati uchun o'zining  $M_{1g} = M$  va  $n_1 = n_d$  qiymatlari bo'ladi.

Uzatish nisbati  $i_{21} = i_{211}$  uchun yuklanish momenti  $E_1E = M_{1d}$  va mos ravishda nasos g'ildiragi aylanishlari sonining qiymati,  $OE_1 = n_1$  kesmalari asosida kirish xarakteristikasi quriladi.

Turbina g'ildiragining aylanishlari soni  $n_{21}^1 = i_{21}, n_{11} = i_{21}, OE_1, LJ = n_{21}^1$  ko'rinishdagi kesma bilan ifodalanadi, so'ngra  $J_2, J_4, J_6$  va  $J_7$  (3.20- rasm, v da  $J_2^1$  va  $J_3$  nuqtalar ustma-ust tushgan). Nuqtalar yordamida 3.19 va 3.20-rasm, a lardan olingan mos

kesmalar bo'yicha  $n_1 = OE_1$ ,  $M_{1R} = E_1E - M_{2R}$ ,  $K_n M_{1R}$  va  $\eta_R$  miqdorlar aniqlanadi. Bir qancha uzatish nisbati uchun shunga o'xshash qursak,  $M_{1R} - M_{2R}$ ,  $\eta_R$  va  $\eta_1$  lami mos ravishda tasvirlovchi chiqish xarakteristikasini punktir egri chiziqlar  $L_4J_4Q_1P_4U_4$ ;  $L_6J_6Q_3P_6U$ ;  $LJ_7Q_7U$  va  $L_2J_2Q_2P_2U$ , ko'rinishda olamiz. Shaffof xarakteristikali gidrodinamik transformator turbina g'ildiragi valida katta aylanishlar sonini olishga imkon beradi, demak, mashina tezligi katta bo'ladi. Bunday gidrotransformator FIK ni kichik va katta tezliklarda, so'zsiz oshiradi va nihoyat, dvigatelning momenti va aylanishlari imkoniyatidan to'la foydalanish hisobiga hamda turbina g'ildiragi validagi moment absolyut miqdorining kattalashuvi hisobiga tortish xarakteristikasi yaxshilanadi.

Gidrotransformatorning dvigatel bilan birgalikda ishlashi to'rtta har xil tartiblarga bo'linishi mumkin. Ular bir-biridan gidrotransformatorning xossalarini ifodalovchi bir necha prinsipial xususiyatlari bilan farq qiladi.

Agar nazariy holni ko'rsak, ya'ni mexanik energiya sarf bo'lmasa, unda quyidagilar bo'lishi mumkin.

1.  $i = 1$ ;  $M_T = M_n$ ;  $M_R = 0$  bo'lgan tartib. Reaktorda moment bo'lmaydi, transformasiya koeffitsienti  $\frac{M_T}{M_n} = 1$ .

2.  $i < 1$ ;  $M_T > M_n$ ;  $M_R < 0$  bo'lgan tartib. Reaktorga manfiy moment ta'sir qiladi, buning hisobiga reaktor turbina aylanishiga teskari yo'nalish bilan aylanishga harakat qiladi. Biroq bunda unga mashina korpusi yoki erkin yurish mexanizmi bilan bo'lgan qattiq bog'lanish qarshilik qiladi. Gidrotransformator  $\frac{M_T}{M_n} > 1$  munosabat bilan momentni uzatadi.

3.  $i > 1$ ;  $M_T < M_n$ ;  $M_R > 0$  bo'lgan tartib. Erkin yurish mexanizmi yo'q. Reaktorga musbat moment ta'sir qiladi, buning natijasida reaktor turbina qaysi yo'nalishda aylansa, o'sha yo'nalishda aylanishga harakat qiladi. Biroq, bunda unga mashina korpusi bilan bo'lgan qattiq bog'lanish qarshilik qiladi. Gidrotransformator  $\frac{M_T}{M_n} < 1$  munosabat bilan momentni uzatadi.

4.  $i > 1; M_T = M_n; M_R = 0$  bo'lgan tartib. Reaktor erkin yurish mexanizmiga o'rnatilgan. Reaktor musbat moment ta'sirida turbina yo'nalishida va taxminan o'sha aylanishlar soni bilan aylanadi. *Gidrotransformator gidromufta tartibiga o'tadi va*

$\frac{M_T}{M_n} = 1$  munosabatli moment uzatadi.

### 3.15-§. Kompleks gidrotransformatorlar

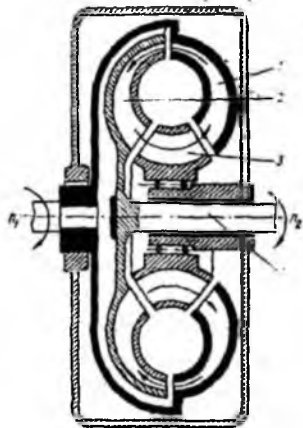
Gidrotransformatorga o'xshab ham, gidromuftaga o'xshab ham ishlay oladigan va biridan ikkinchisiga avtomatik ravishda o'tadigan uzatmalar kompleks uzatmalar deb ataladi.

3.21-rasmda ko'rsatilgan uch g'ildirakli gidrotransformator asosida ko'rilgan kompleks gidrouzatma ishining xususiyatlarini ko'rib chiqamiz. 3.22-rasmda shu gidrouzatmaning xarakteristikasi ko'rsatilgan.

Ish g'ildiraklari va reaktor momentlarining algebraik yig'indisi nolga teng

$$M_1 + M_2 + M_3 = 0 \quad (21.23)$$

bunda  $M_1$  – musbat ishorali (nasos oladigan energiyaga mos keladi);  $M_2$  – manfiy ishorali (turbina oladigan energiyaga mos keladi);  $M_3$  – manfiy ishorali (reaktor oladigan energiyaga mos keladi).



3.21 - rasmi. Ush g'ildirakli gidrotransformator asosida ishlaydigan kompleks gidrouzatma

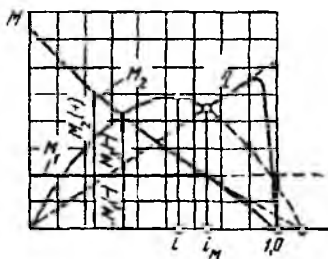
Shuning uchun  $|M_2| > |M_1|$  bo'lganda reaktor momenti  $M_3 < 0$ , ya'ni u turbina aylanish yo'nalishiga teskari yo'nalgan. Yetaklovchi valdagi yuk kamayishi bilan momentning absolyut miqdori kamayadi va  $i_1 = i_m$  bo'lganda,  $|M_3| = |M_1|$  bo'lgani sababli  $M_3$  moment nolga teng bo'lib qoladi. Yukning kamaytirilishi davom etganda va mos ravishda uzatish nisbati o'sib borganda ( $i_1 > i_m$ ) moment o'z ishorasini o'zgartiradi va ish g'ildiraklarining aylanish yo'nalishi bo'ylab harakat qiladi. Kompleks gidrouzatmada reaktor o'zish muftasi 4 ning korpusiga o'rnatilgan, bu

esa uning ish g'ildiraklari yo'nalishida erkin aylanishiga imkon beradi va  $M_3$  qarama-qarshi tomonga aylanish imkonini yo'qotadi. Shuning uchun ham  $M_3$  moment hozircha ish g'ildiraklari aylanishiga teskari yo'nalgan, reaktor qo'zg'almasdir va gidrouzatma gidrotransformator tartibida to  $i_m$  gacha ishlaydi.  $M_3$  moment aylanish yo'nalishida harakat qilganda va  $i > i_m$  bo'lganda, o'zish muftasi reaktorga ta'sir etayotgan moment ta'sirida uning erkin aylanishini ta'minlaydi. Erkin aylanish bo'lganda reaktor suyuqlik oqimi ta'sirida bo'lib, katta qarshilik ko'rsatmaydi. Bu arziyas qarshilik o'zish muftasidagi ishqalanish xisobiga paydo bo'ladi va yutiladi.

$M_3 \approx 0$  deb xisoblash mumkin bo'lganligi sababli (21.22) tenglama quyidagicha bo'ladi:

$$M_1 + M_2 = 0 \quad (21.24)$$

bu esa gidromuftalar uchun xarakterlidir, ya'ni  $i < i_m$  bo'lganda gidrotransformator gidromuftaga o'xshab ishlaydi (3.22-rasmdagi xarakteristikaning o'ng qismiga qarang).



3.22 - rasm. Kompleks gidrouzatmaning xarakteristikasi

Keyinchalik turbinaga tushadigan yuklanish yana oshirilsa, uzatish nisbati kamayadi va  $i < i_m$  bo'lganda, uzatma avtomatik ravishda gidrotransformatorga o'xshab ishlaydi. Xarakteristikadan ko'rinadiki» kompleks gidrouzatmaning FIK ning yuqori qiymatli chegarasi (tutash chiziq) mahkam o'rnatilgan reaktorli uch g'ildirakli gidrotransformatorlikidan (punktir chiziq) yetarli darajada

yuqoridadir. Ancha katta oraliqda ish tezliklari chegarasini kengaytirish va bu bilan birga umumiy FIK ortishini yetarli darajada kattalashtirish uchun gidromexanik transmissiyalardan foydalaniladi.

Transformasiya koeffitsientini turbina g'ildiragining bir nechta bosqichlaridan foydalanish hisobiga ham oshirish mumkin.