

Изобретение относится к электрическим машинам, в частности, к закрытым электрическим машинам с жидкостным, испарительным, воздушно-жидкостным охлаждением.

Известна взрывобезопасная электрическая машина с герметизированным корпусом, заполненная охлаждающей жидкостью на 70-80%, в которой напорный элемент центробежного типа на валу и ротор полностью покрыты жидкостью [1], при этом наружный диаметр напорного элемента равен диаметру ротора.

При высокоинтенсивном охлаждении активных частей такая конструкция обладает и недостатком - высокий уровень механических потерь, что обусловлено трением ротора о жидкость, приводящим к снижению к.п.д. на 3-4%.

Цель изобретения - повышение интенсивности охлаждения.

Цель достигается тем, что в известной электрической машине горизонтального исполнения, содержащей герметизированный корпус с концевыми частями, активные части, состоящие из статора и ротора с обмотками, подшипниковые щиты и вал с установленными на нем по обе стороны сердечника ротора распыляющими устройствами, частично заполненной охлаждающей жидкостью таким образом, что уровень жидкости в полости расположен ниже нижней точки окружности расточки статора, нижние части распыляющих устройств погружены в охлаждающую жидкость, в зоне наружного размера распыляющего устройства имеют элементы, отклоненные относительно вертикальной оси на угол меньше 90° в сторону активной части, а также радиальные лопатки, расположенные под отклоненными элементами; распыляющее устройство может быть выполнено состоящим из втулки с прикрепленными к ней по окружности перпендикулярно к оси вращения с помощью спиц ряда вертикальных пластин, на поверхности каждой из которых выполнены радиальная лопатка, а на наружной кромке закреплена отклоненная пластина; распыляющее устройство может быть выполнено состоящим из втулки, диска, соединенного по внутреннему диаметру с втулкой, на поверхности которого выполнены радиальные лопатки, а на внешнем диаметре закреплён усеченный конус большим диаметром обращенный в сторону активной части; распыляющее устройство может быть выполнено состоящим из усеченного конуса, меньшим диаметром закрепленного на втулке, на большем, обращенном к щиту, диаметре которого закреплён диск с радиальными лопатками на поверхности, обращенной к активной части, а на наружном диаметре диска закреплён усеченный конус, обращенный большим диаметром в сторону активных частей; на обеих поверхностях диска могут быть выполнены радиальные лопатки, а на его внешнем диаметре закреплены два усеченных конуса, один из которых обращен большим диаметром в сторону активных частей, а второй - в сторону щита.

Диск, внутренний диаметр которого равен двойному расстоянию от оси вращения к наружной поверхности охлаждающей жидкости в полости, может быть соединен с втулкой с помощью спиц; лопатки могут быть выполнены на отклоненных к активным частям и щитам элементах.

Лопатки на отклоненных элементах могут быть смещены по окружности по отношению к лопаткам на элементах, соединенных с втулкой, лопатки на отклоненных элементах могут быть расположены на одних и тех же радиальных линиях, что и лопатки на элементах, соединенных с втулкой.

В распыляющем устройстве, состоящем из втулки и пластин с лопатками, на внутренней, обращенной к оси вращения, кромке каждой лопатки может быть установлен перпендикулярно к лопатке пластинчатый элемент.

В распыляющем устройстве, состоящем из втулки, диска и конуса с лопатками, на внутренних кромках лопаток может быть закреплён перпендикулярно к несущей их поверхности цилиндр, длина которого равна высоте лопатки. В распыляющем устройстве, состоящем из втулки и пластин с лопатками, на передних кромках лопаток, обращенных к активным частям, перпендикулярно к ним могут быть закреплены перфорированные пластинчатые элементы.

В распыляющем устройстве, состоящем из втулки, диска и конуса, с лопатками, на передних кромках лопаток, обращенных к активным частям, перпендикулярно к ним может быть закреплён перфорированный диск.

На роторе по обе стороны сердечника под лобовыми частями обмотки статора могут быть выполнены цилиндры длиной близкой к длине вылета лобовой части обмотки статора с радиальными лопатками на их наружных поверхностях.

На выступающем конце вала может быть установлен вентилятор, на наружной поверхности корпуса выполнены аксиальные ребра, на ребрах закреплён вентиляционный кожух, между каждыми двумя соседними ребрами на корпусе установлено укороченное ребро длиной от участка близкого к торцу корпуса до торца сердечника статора, в местах окончаний этих ребер в зоне над торцами сердечника статора на ребра насажены цилиндрические обечайки, длина каждой из которых равна двойной высоте ребра.

Корпус, насаженный на статор, может иметь систему элементов и каналов жидкостного охлаждения, щиты с водяным или воздушным охлаждением, в яме сердечника ротора могут быть выполнены аксиальные отверстия, в которых запрессованы трубки из высокотеплопроводного материала, полость между цилиндром на торце ротора (к. з. кольцом) и валом, сообщаемая с трубками, установленными в сердечнике ротора, закрыта торцевой крышкой и частично заполнена охлаждающей жидкостью.

Статор может содержать шихтованный сердечник, на который насажен корпус с продольными ребрами, между которыми установлены П-образные трубки охладителя внутреннего воздуха, шихтованный сердечник ротора имеет аксиальные отверстия в яме, на выступающей части вала установлен внешний вентилятор, во внутренней полости на валу со стороны внешнего вентилятора установлено распыляющее устройство совмещенное с внутренним вентилятором, состоящее из втулки и ребер, связывающих ее с несущим диском, на внутренней обращенной к сердечникам поверхности которого выполнены радиальные лопатки, а на наружном диаметре закреплён меньшим диаметром усеченный конус, обращенный большим диаметром в сторону сердечников, на наружной, обращенной к щиту поверхности несущего диска напротив входных отверстий теплообменника в корпусе установлены радиальные лопатки вентилятора, на передних, обращенных к щиту кромках которых установлен передний диск с лопатками на поверхности, обращенной к щиту, а на наружном диаметре установлен усеченный конус, обращенный большим диаметром к щиту,

наружный диаметр вентилятора по верхним кромкам лопаток меньше двух расстояний от оси вращения до наружной поверхности охлаждающей жидкости; во внутренней полости на валу со стороны, противоположной внешнему вентилятору, установлено распыляющее устройство, состоящее из втулки, диска с радиальными лопатками на обоих его поверхностях, соединенного по внутреннему диаметру с втулкой, а на наружном диаметре которого прикреплены два усеченных конуса, обращенные большими диаметрами в стороны сердечников и щита; статор может содержать шихтованный сердечник с вентиляционными распорками, образующими радиальные каналы, ротор может содержать шихтованный сердечник с отверстиями в ярме, образующими аксиальные каналы и вентиляционные распорки, создающие радиальные каналы, совмещенные с радиальными каналами статора, распределенный трубчатый теплообменник, охватывающий сердечник статора, во внутренней полости по обе стороны сердечника ротора установлены осевые вентиляторы с цилиндрическими обечайками на верхних кромках лопаток, на которых установлено распыляющее устройство, состоящее из усеченного конуса, прикрепленного по внутреннему диаметру к обечайке, на большем диаметре которого, обращенном в сторону подшипникового щита, закреплен диск с радиальными лопатками на поверхности, обращенной к сердечнику статора, и на диске - усеченный конус, обращенный большими диаметром к сердечнику статора.

На фиг. 1 (а, б) изображена часть распыляющего устройства, состоящая из пластины 1, соединенной с втулкой 2 с помощью спицы 3, на пластине 1 выполнена радиальная лопатка 4, на верхней кромке пластины 1 под углом α меньше 90° от вертикальной оси закреплена пластина 5 с радиальными лопатками 6 на ее внутренней поверхности, которые смещены по окружности по отношению к лопатке 4 (фиг. 1 а) или расположены на одной радиальной линии (фиг. 1 б).

На фиг. 2 показана такая же часть распыляющего устройства, у которой лопатка 4 совмещена с лопаткой 6, на внутренней, обращенной к оси вращения, кроме лопатки 4 закреплена пластина 7, на передней кромке закреплена перфорированная пластина 8.

На фиг. 3 изображена электрическая машина с герметизированным корпусом 9, заполненная охлаждающей жидкостью частично - уровень жидкости находится ниже нижней точки окружности расточки статора, распыляющее устройство содержащее диск 10, соединенный по внутреннему диаметру с втулкой 2; на поверхности диска, обращенной к активным частям, закреплены радиальные лопатки 4, на наружном диаметре диска закреплён меньшим диаметром усеченный конус 11, обращенный большим диаметром в сторону активных частей.

На фиг. 4 показана электрическая машина аналогичная изображенной на фиг. 3, но имеющая дополнительно: на диске 10 лопатки 12 на поверхности, обращенной к щиту 13, на конусе 11 лопатки 14 и конус 15, обращенный большим диаметром в сторону щита 13.

На фиг. 5 изображена электрическая машина, у которой диск 10 с внутренним диаметром, близким к удвоенному расстоянию от оси вращения к наружной поверхности охлаждающей жидкости соединен с втулкой 2 с помощью спиц 3, расположенных под углом к оси вращения машины (по образующей усеченного конуса).

В электрических машинах, изображенных на фиг. 3,4,5, на роторе 16 под лобовыми частями обмотки статора 17 выполнен цилиндр 18 (в асинхронном двигателе - короткозамыкающее кольцо, в синхронной машине - радиатор-теплообменник, соединенный с обмоткой или с тепловыми трубами, установленными в роторе) с радиальными лопатками 19 на его наружной поверхности, а на торце цилиндра со стороны щита 13 установлено кольцо 20, наружный диаметр которого меньше или равен диаметру ротора, а внутренний равен внутреннему диаметру цилиндра.

Высота лопатки 4 (фиг. 1-5) принимается такой, что ее нижняя кромка (на внутреннем диаметре) при прохождении по окружности через крайнее нижнее положение полностью погружается в охлаждающую жидкость.

На фиг. 6 и 7 изображена электрическая машина, частично заполненная охлаждающей жидкостью, с распыляющими устройствами, содержащими радиальные лопатки на диске и усеченные конусы, обращенные в сторону активных частей и щита, в которой на выступающем конце вала 21 установлен вентилятор 22, на наружной поверхности корпуса 9 выполнены аксиальные ребра 23 с длиной близкой к длине корпуса; между каждыми двумя соседними ребрами 23 на корпусе установлены укороченные ребра 24 длиной от участка близкого к торцу корпуса до торца сердечника статора, на начальных участках ребер закреплён вентиляционный кожух 25, в местах окончаний коротких ребер 24 над торцами сердечника статора на ребра насажены цилиндрические обечайки 26, длина каждой из которых равна двойной высоте ребра.

На фиг. 8 представлена электрическая машина, частично заполненная охлаждающей жидкостью, с распыляющими устройствами, содержащими радиальные лопатки на диске и усеченные конусы, обращенные в стороны активных частей и щита, у которой в аксиальных отверстиях в сердечнике ротора 16 запрессованы трубки 27 из высокотеплопроводного материала, полость между цилиндром на торце ротора (к. з. кольцом) 18 и валом 21, сообщаемая с трубками 27, закрыта торцевой крышкой 28 и частично заполнена охлаждающей жидкостью, корпус 9 и подшипниковые щиты 13 имеют систему элементов и каналов жидкостного охлаждения.

На фиг. 9 изображена электрическая машина, частично заполненная охлаждающей жидкостью, у которой на шихтованный сердечник статора 29 насажен корпус 9 с продольными ребрами 23, между которыми установлены П-образные трубки охладителя внутреннего воздуха 30, шихтованный сердечник ротора 16 имеет аксиальные отверстия 27 в ярме, на выступающей части вала 21 установлен внешний вентилятор 22, во внутренней полости на валу со стороны внешнего вентилятора 22 установлено распыляющее устройство, совмещенное с внутренним, вентилятором, состоящее из втулки 2 и ребер 3, связывающих ее с несущим диском 10, на внутренней, обращенной к сердечникам поверхности которого выполнены радиальные лопатки 4, а на наружном диаметре закреплён меньшим диаметром усеченный конус 11, обращенный большим диаметром в сторону сердечника; на наружной обращенной к щиту поверхности несущего диска, напротив входных отверстий 31 теплообменника в корпусе, установлены радиальные лопатки вентилятора 32 с

наружным диаметром меньше двух расстояний от оси вращения до наружной поверхности охлаждающей жидкости в полости, на передних, обращенных к щиту кромках которых установлен передний диск 33 с лопатками 12 на поверхности, обращенной к щиту, а на наружном диаметре установлен усеченный конус 15, обращенный большим диаметром к щиту, во внутренней полости на валу, со стороны, противоположной внешнему вентилятору, установлено распыляющее устройство с радиальными лопатками на обеих поверхностях диска, на наружном диаметре которого закреплены два усеченных конуса, обращенные большими диаметрами в сторону сердечников и щита.

На фиг. 10 изображена электрическая машина, частично заполненная охлаждающей жидкостью, у которой статор содержит шихтованный сердечник 29 с вентиляционными распорками 34, образующими радиальные каналы, ротор содержит шихтованный сердечник 16 с отверстиями 27 в ярме, образующими аксиальные каналы и вентиляционные распорки 35, создающие радиальные каналы, распределенный трубчатый теплообменник 36, охватывающий сердечник статора, во внутренней полости по обе стороны сердечника ротора установлены осевые вентиляторы 37 с цилиндрическими обечайками 38 на верхних кромках лопаток, на которых установлено распыляющее устройство, состоящее из усеченного конуса 39, прикрепленного по внутреннему диаметру к обечайке 38, на большем диаметре которого закреплен диск 40 с радиальными лопатками 4, на диске усеченный конус 11. Лобовые части обмотки статора охватывает цилиндрическая обечайка 41, на выступающей части вала 21 установлен внешний вентилятор 22, закрытый снаружи вентиляционным кожухом 25.

При работе электрической машины охлаждающая жидкость в нижней части полости захватывается радиальными лопатками 4, 12, отбрасывается центробежной силой на отклоненную пластину 5 (фиг. 1) или конус 11 (фиг. 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10) и конус 15, затем пластиной 5 или конусом 11 и лопатками 6 или 14 распыляется на лобовой части обмотки статора 17 и концевую часть корпуса 9 и щит 13 по всему периметру окружности.

Пластина 7 на нижней кромке лопатки 4 (фиг. 2) способствует удержанию охлаждающей жидкости в межлопаточном канале при малой частоте вращения, пластина 8 служит для удержания и последующего распыления жидкости в аксиальном направлении на охлаждаемую поверхность.

Проведенные испытания предлагаемых напорных элементов показали их нормальную работоспособность. Элементы распыляющего устройства, отклоненные от вертикальной оси (пластина 5 в распыляющем устройстве по фиг. 1 а, б, усеченные конусы 11, 15 в распыляющих устройствах по фиг. 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10 при вращении подают жидкость на охлаждаемые поверхности в виде узеньких струй или отдельных капель, направленных по касательной к поверхности на выходе из отклоненной части распыляющего устройства; величина расхода незначительная, которой совершенно недостаточно для эффективного охлаждения корзинок лобовых частей обмотки статора. Наличие радиальных лопаток 4 в распыляющем устройстве приводит к увеличению расхода охлаждающей жидкости в несколько раз, при этом основная часть расхода, подаваемого лопатками, поступает в радиальном направлении на отклоненные части распыляющего устройства, а меньшая часть расхода, срываясь с передних кромок лопаток, направляется в аксиальном направлении в сторону головок лобовых частей 17-фиг. 3,4,5, 6, 7, 8, 9, 10 или (и) щита 13 - фиг. 4, 5, 6, 8. Наличие лопаток на отклоненных элементах (лопатки 6 на пластине 5, лопатки 14 на конусе 11) приводит как к увеличению общего расхода, так и, что особенно важно, позволяет направить значительную часть расхода в аксиальном направлении, т. е. прямо на охлаждаемую поверхность обмотки.

Струи охлаждающей жидкости, попавшие на лобовые части обмотки статора, стекают по ним, охлаждая обмотку, часть этих струй, а также часть аксиальных струй с напорного устройства попадают на цилиндр 18, подхватываются ребрами-лопатками 19, охлаждая ротор 16 и вновь отбрасываются на лобовые части обмотки статора 17. Охлаждающая жидкость с низкой температурой испарения при этом испаряется, а конденсация пара осуществляется на щите 13, откуда в виде капель стекает в полость. Охлаждающая жидкость неиспаряющаяся стекает по обмоткам и поверхности щита в полость также, как и часть струй, попавших на концевую часть корпуса. Таким образом осуществляется теплопередача от обмотки статора и ротора через охлаждающую жидкость к охлаждаемым снаружи поверхностям концевой части корпуса 9 и щита 13.

В варианте конструкции по фиг. 6, 7 тепло с наружной поверхности корпуса и щитов отводится с помощью потока воздуха, подаваемого вентилятором 21. Удвоение числа ребер на наружной поверхности в зоне концевых частей корпуса позволяет существенно увеличить эффективность струйного охлаждения внутренних поверхностей двигателя. Цилиндрические обечайки на корпусе 26, установленные на корпусе в местах окончаний коротких ребер 24, способствуют удержанию воздушного потока в межреберных каналах, что повышает интенсивность теплоотдачи с наружной поверхности корпуса.

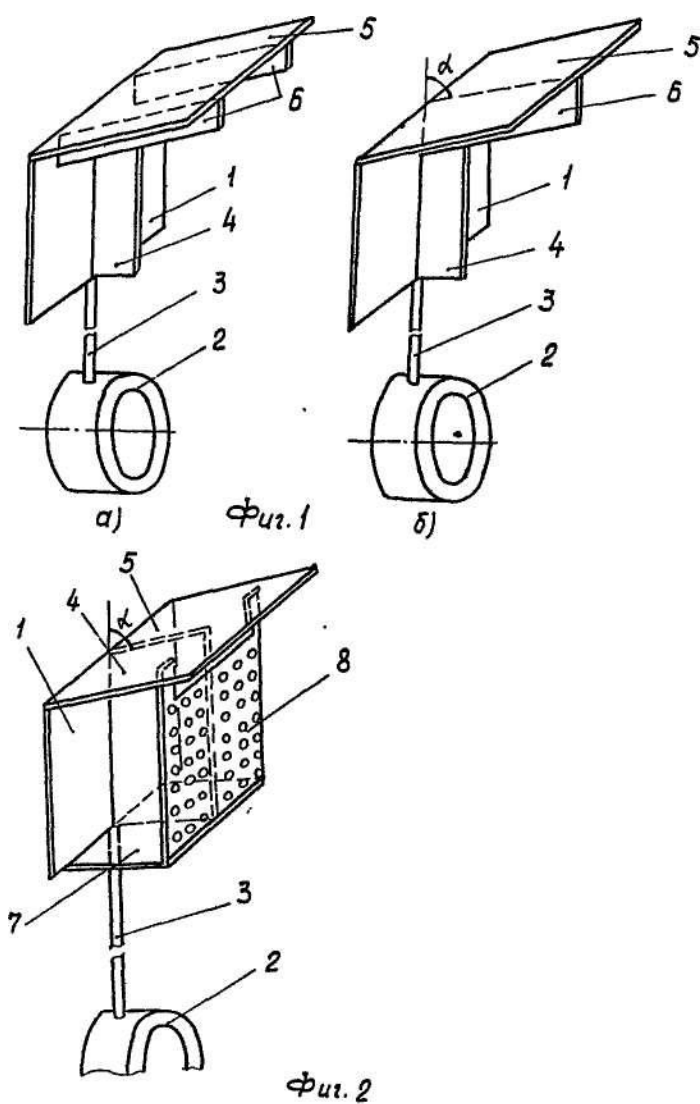
В электрической машине с водяным охлаждением корпуса (фиг. 8) тепло, переданное струями охлаждающей жидкости концевым частям корпуса и щитам, отводится с помощью внешнего цикла охлаждения; в варианте конструкции с аксиальными трубками в роторе и замкнутой полостью под цилиндром у торца сердечника ротора (к. з. кольцом асинхронного двигателя), частично заполненной охлаждающей жидкостью (которая также может быть вакуумирована), осуществляется интенсивной передачей тепла от всего объема сердечника ротора через вращающийся жидкостный теплообменник в роторе к струям охлаждающей жидкости, попадающим на цилиндр у торца сердечника ротора.

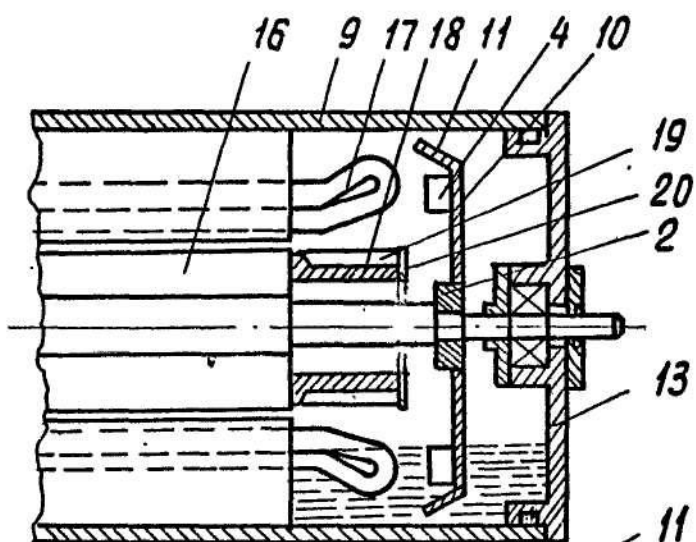
В электрической машине с гнутым трубчатым теплообменником (фиг. 9) стекающая с обмоток охлаждающая жидкость в нижней части корпуса частично попадает в гнутые трубы, находящиеся ниже уровня охлаждающей жидкости, где она дополнительно охлаждается.

В электрической машине с распределенным трубчатым теплообменником (фиг. 10) стекающая с обмоток и подогретая жидкость в нижней части корпуса охлаждается в межтрубном пространстве теплообменника (по трубам вентилятором 22 прогоняется наружный воздух), охлаждая одновременно погруженные в нее части обмотки и сердечника статора.

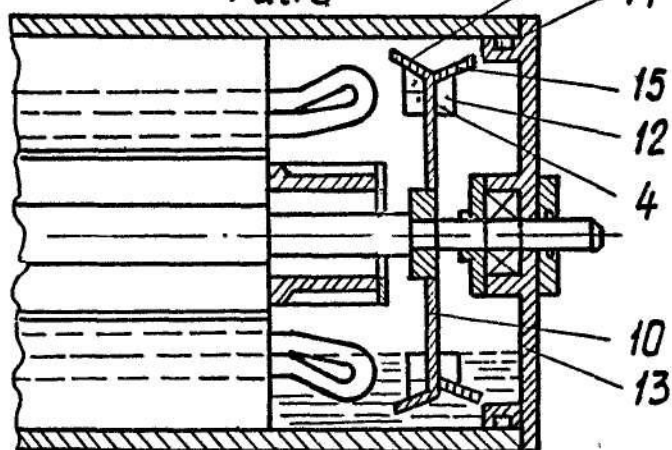
В электрической машине (фиг. 3,4, 5, 6, 8, 9, 10) в расточке между статором и ротором охлаждающей

жидкости нет (или попадает в виде отдельных капель), что позволяет в несколько раз уменьшить величину механических потерь по сравнению с жидкостнозаполненной электрической машиной и тем самым повысить коэффициент полезного действия электрической машины при эффективном охлаждении.

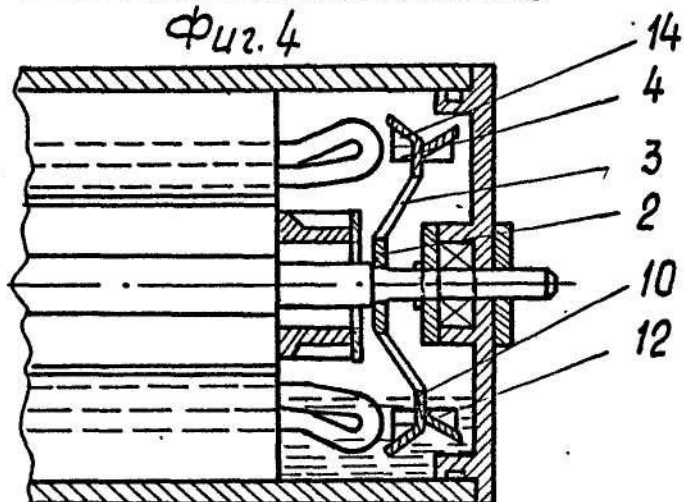




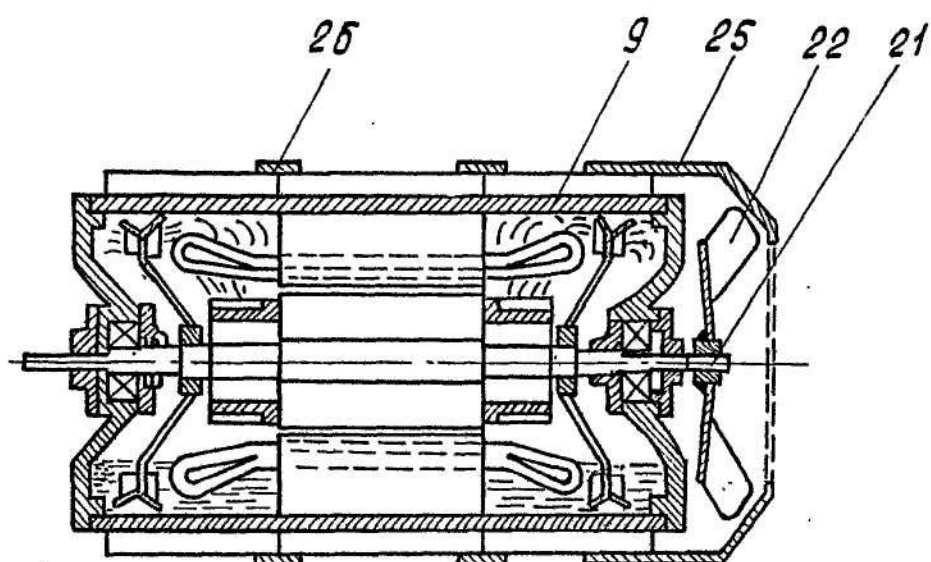
$\Phi_{u2.3}$



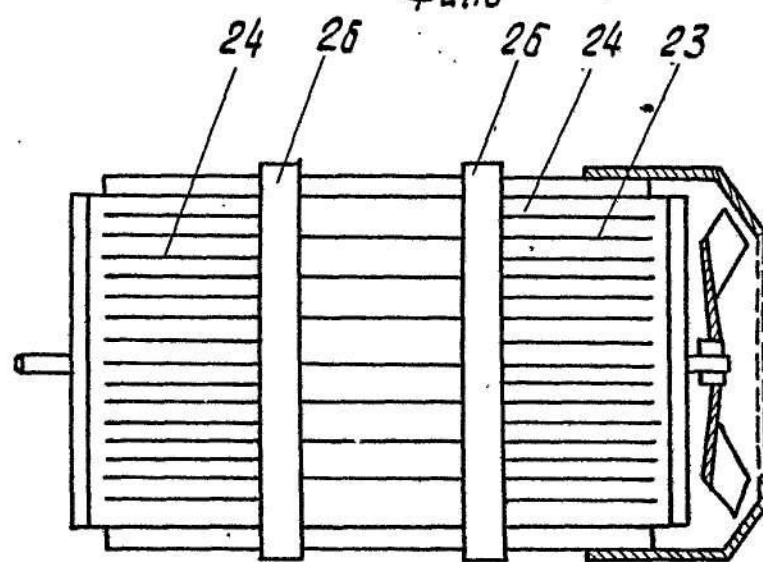
$\Phi_{u2.4}$



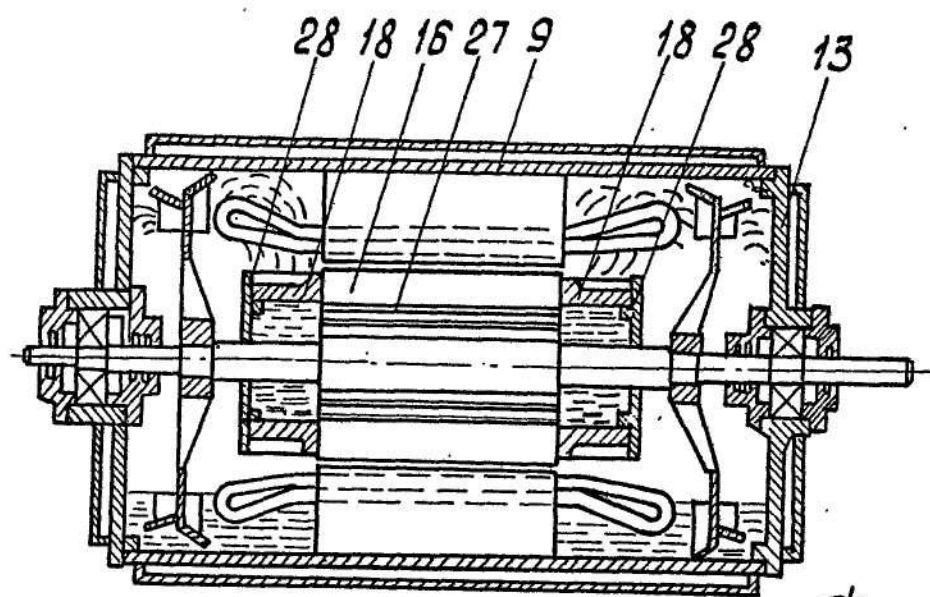
$\Phi_{u2.5}$



фиг. 6



фиг. 7



фиг. 8

