

УДК 621.314.572

В.Н. Щека

*Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков*

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРИВОДОВ ВРАЩЕНИЯ АНТЕНН РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ

*Анализируются особенности режимов работы частотно-управляемых электроприводов антенн радиолокационных станций. Создание надёжного и экономичного привода для антенн РЛС короткозамкнутого асинхронного двигателя требует решения ряда научно-технических задач, связанных с обеспечением возможности регулирования частоты вращения в достаточно широком диапазоне.*

**Ключевые слова:** частотно-управляемый электропривод, антенны радиолокационных станций.

### Введение

**Постановка проблемы.** Основным источником информации о воздушном противнике является радиолокационная разведка, осуществляемая радиотехническими войсками воздушных сил Вооруженных Сил Украины. Радиолокационная разведка ведется дежурными радиотехническими подразделениями. Исходя из заданий видов Вооруженных Сил и родов войск в воздушной оборонительной операции, радиолокационная разведка должна отвечать требованиям активности, оперативности и непрерывности. Активность радиолокационной разведки обеспечивается за счет правильного выбора радиолокационных комплексов и станций для ведения разведки, своевременного и правильного установления режимов их работы, соответствующих складывающейся воздушной обстановке. Максимальная вероятность обнаружения воздушных целей достигается путем уменьшения скорости вращения антенн радиолокационных комплексов.

Одним из способов обеспечения требуемой оперативности радиолокационной разведки является правильный выбор и установка соответствующего режима работы радиолокационных комплексов. В свою очередь, непрерывность сопровождения воздушных целей также обеспечивается своевременным применением режимов работы, соответствующих действиям воздушного противника.

Так, при поиске маловысотных целей обзор воздушного пространства после обнаружения цели осуществляют при повышенной скорости вращения антенн, что позволяет получить максимум информации о целях во время пребывания их в зонах обнаружения.

Скорость вращения антенных систем радиолокационных комплексов и станций при поиске высотных целей устанавливается минимальной, а при их сопровождении максимальной. Изменение скорости вращения антенн осуществляется системой вращения антенн, требования к которой весьма

противоречивы [3 – 5], что приводит при их реализации к повышенным габаритам и весу, усложнению используемой аппаратуры, повышенному энергопотреблению, увеличению стоимости производства и эксплуатации, снижению надежности и долговечности.

С другой стороны, многообразие задач, решаемых радиотехническими войсками, а также широкий диапазон характеристик воздушных объектов не позволяют ограничиваться применением однотипных радиолокационных станций.

**Анализ литературы.** В настоящее время в Вооруженных Силах Украины [1 – 2] используются радиолокационные комплексы и станции больших и средних высот, а также радиолокационные станции маловысотного поля, разделяемые по характеру решаемых задач на комплексы и станции боевого режима, дежурного режима и специального назначения. Эти комплексы и станции различаются также по количеству измеряемых координат, по диапазонам волн и по степени мобильности.

Системы вращения антенн, используемые в Вооруженных Силах Украины, радиолокационных комплексов и станций различны, и в ряде случаев не в полной мере способны удовлетворить предъявляемым к ним требованиям по обеспечению необходимой для поиска и сопровождения цели частоты вращения антенны.

### Основной материал

В радиолокационных станциях для обнаружения маловысотных целей, как правило, используется режим „Качание 300°“, а для сопровождения таких целей используется режим „Кругового обзора“. Для поиска и обнаружения высотных целей используется режим секторного обзора с тридцати градусным качанием, для слежения за такими целями применяется режим „Ручной. Качание 300°“. При этом в зависимости от назначения радиолокационных комплексов и станций, а также от решаемых ими задач, частота вращения антенной системы различна.

Так, в наземной трехкоординатной радиолокационной станции 55Ж6, предназначенной для дальнего обнаружения воздушных объектов, измерения их пространственных координат и определения государственной принадлежности, обзор пространства по азимуту осуществляется со скоростями вращения вала 3 или 6 об/мин.

При решении ряда частных задач, таких как ориентирование, измерение диаграммы направленности антенн, когда антенну необходимо устанавливать на заданный азимут или осуществлять сканирование по азимуту в заданном секторе, скорость вращения антенны должна изменяться в диапазоне от 0,1 до 0,3 об/мин.

В двухкоординатной РЛС 5Н84А [2], предназначенной для дальнего обнаружения воздушных объектов, измерения их координат и определения государственной принадлежности, основная и вспомогательная антенны приводятся во вращение со скоростями 3 или 6 об/мин, а в технологических режимах используются такие скорости как 0,1–0,2 об/мин для основной антенны и 0,5 об/мин для вспомогательной антенны.

В высококомобильной РЛС П-18, предназначенной для обнаружения воздушных целей, определение их дальности и азимута, в режиме автономной работы с круговым вращением используются такие скорости как  $2 \pm 0,2$  об/мин,  $4 \pm 0,2$  об/мин и  $6 \pm 0,3$  об/мин. При этом скорость 4 об/мин является основной скоростью вращения и используется для поиска и обнаружения целей на всех высотах. Скорость 6 об/мин используется при поиске и обнаружении низковысотных целей. Скорость 2 об/мин используется для поиска высотных целей, а при их обнаружении включается скорость 6 об/мин. При автономной работе в режиме плавного изменения скорости диапазон ее изменения лежит от 0,3 до 6 об/мин, а для снятия диаграмм направленности используются скорости от 0 до 3 об/мин.

В подвижном радиовысотомере, предназначенном для работы в качестве средства измерения частоты в составе радиолокационного комплекса 5Н87, приемо-передающая кабина вращается вкруговую со скоростью 6 об/мин или 10 об/мин в варианте независимого вращения, а в варианте синхронного с дальномерами кругового вращения используется скорость  $(3 \pm 0,2)$  об/мин или  $(6 \pm 0,2)$  об/мин.

Рассмотренные варианты режимов работы РЛС и используемых при этом частот вращения антенных систем дают основание утверждать, что при построении систем вращения антенных устройств необходимо учитывать назначение РЛС, особенности ее боевого применения, а также характеристики используемых антенн.

Вместе с тем, общим для всех используемых в настоящее время систем вращения антенн является

требование обеспечения синхронного вращения всех РЛС, входящих в состав радиолокационного комплекса, а также требование обеспечения независимого вращения с переменными частотами вращения.

Для реализации этих требований используются двигатели постоянного тока, электромашинные усилители и асинхронные электродвигатели с фазным или короткозамкнутым ротором.

Основным вопросом, связанным с использованием двигателей постоянного тока и электромашинных усилителей, является вопрос обеспечения требуемых показателей надежности.

Основной проблемой, ограничивающей возможности асинхронного электропривода, является проблема регулирования частоты вращения их роторов.

Для решения этой проблемы в приводах РЛС осуществляют переключение статорных обмоток, включенных по схеме „звезда“, на схему „треугольник“ или на схему „двойная звезда“. Кроме того, изменяют число пар полюсов, частоту питающего напряжения и скольжение ротора двигателя. Для изменения числа пар полюсов обмотки статора переключают с последовательного соединения на параллельное, или каскадно объединяют два асинхронных двигателя, работающие на общий вал. При каскадном объединении у асинхронных двигателей может быть одинаковое или разное число пар полюсов.

Так, в РЛС 5Н84А используются двигатели с одинаковым числом пар полюсов, поэтому при их каскадном объединении скорость вращения вала снижается вдвое. Изменение схемы включения обмоток и изменение числа пар полюсов позволяет получить только дискретное регулирование частоты вращения. Плавное изменение частоты вращения в РЛС 5Н84А обеспечивается за счет применения частотного способа управления скоростью вращения. При этом переменное входное напряжение подвергают импульсному стробированию. Из-за стробоскопического эффекта выходная последовательность импульсов напряжения модулируется по синусоидальному закону.

Однако после такого импульсного стробирования питающего напряжения действующее значение выходного напряжения существенно снижается, что вызывает снижение мощности двигателя. Для изменения скольжения ротора двигателя используют вариант двойного питания. Для этого необходимо иметь либо две статорные обмотки, питаемые напряжением разной частоты, либо иметь двигатель с фазным ротором и обеспечивать питание роторной обмотки напряжением переменной частоты. Однако такое техническое решение неизбежно вызывает снижение надежности работы электропривода.

У применяемых электроприводах антенн радиолокационных станций, построенных на базе двигателя постоянного тока, (например, находящийся на вооружении Вооружённых Сил Украины радиолокатор подсвета цели (РПЦ) 5Н62В зенитного ракетного комплекса С-200) для управления положением антенны по азимуту предназначен азимутальный следящий привод (рис. 1), в состав которого входят [2]:

- приводной электродвигатель МИ-42Ф;
- электромашинный усилитель ЭМУ-50Аз;
- силовой редуктор;
- приборный редуктор с сельсинами.

У применяемого в данной РЛС электроприводе на базе двигателя постоянного тока достаточно просто осуществляется регулирование скорости вращения антенн в широких пределах. Однако ему присущи такие недостатки:

- большие масса и габариты, высокая стоимость его производства;
- низкий коэффициент полезного действия, обусловленный трёхкратным преобразованием энергии;
- низкая надёжность работы и увеличенные расходы на техническое обслуживание из-за наличия щёточно-коллекторных узлов.

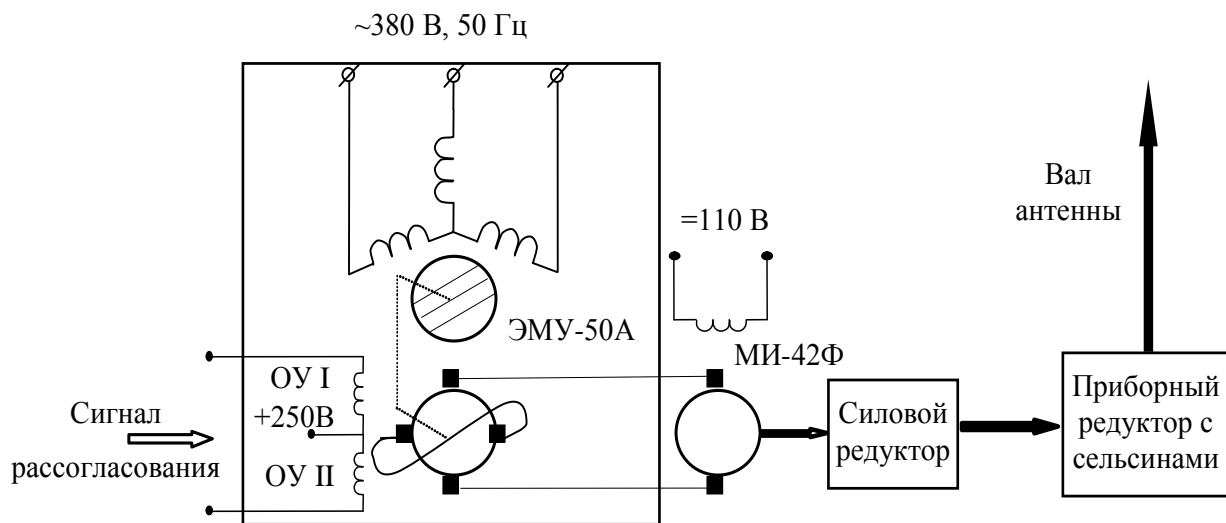


Рис. 1. Схема электрическая функциональная следящего азимутального привода антенны РПЦ 5Н62В

Опыт эксплуатации и анализ статистических данных об отказах позволили выявить основную причину отказов данного класса электрических машин, связанную с отказами щёточно-коллекторного узла, которые составляют 50 –70 % от общего числа отказов электродвигателя [6]. Эти отказы проявляются в виде износа и подгорания щёток и коллектора двигателя.

Износ щёток является неизбежным процессом при эксплуатации двигателя и, как правило, оговаривается в технической документации.

При износе щёток ослабляется давление пружины на щётку, что приводит к усилению вибрации и подгоранию щёток и коллектора, а зачастую, и к полному разрушению щётки.

Недостаточно плотная приработка новых щёток при замене старых приводит также к подгоранию щёток и коллектора.

В местах неплотного прилегания щётки к коллектору образуется электрическая дуга, вызывающая, помимо подгорания, неравномерное токовое и температурное распределение на контактной поверхности щёток, что также ускоряет износ щётки. Перечисленные отказы щёточно-коллекторного узла

приводят к снижению работоспособности электропривода, а далее и к потере ее, которая влечёт за собой потерю боеготовности РЛС.

Требования повышения надёжности, уменьшения массогабаритных параметров и стоимости приводов сделали электропривод переменного тока основным в качестве привода вращения антенн для РЛС нового парка (55Ж6, 19Ж6, 35Н6, 73Е6). В данных РЛС электропривод антенн состоит из двух двухскоростных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, предназначенных для вращения антенны. Однако этот привод не позволяет плавно изменять частоту вращения и имеет сравнительно небольшой диапазон регулирования частоты вращения ротора асинхронного двигателя, не превышающий 8:1. Этому приводу также свойственны повышенные габариты, масса и стоимость двигателя, что делает его применение в радиолокационных станциях перспективных комплексов нецелесообразным.

Анализ приводов вращения антенн существующих отечественных радиолокационных станций показывает, что возрастающие требования к повышению уровня автоматизации, снижению эксплу-

тационных расходов и повышению надёжности безотлагательно вынуждают изменять приводную технику.

Технические средства, которыми до последнего времени располагала электротехника, не позволяли получить экономически оправданное решение этой задачи.

Лишь с освоением серийного производства мощных полупроводниковых приборов – тиристоров в последнем десятилетии появилась практическая возможность решения указанной задачи – создания электропривода переменного тока, обладающего не только широким диапазоном регулирования частоты вращения ротора, но и нужными моментными характеристиками, не уступающими характеристикам машин постоянного тока.

Простые по конструкции асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором в случае решения задачи регулирования частоты вращения полностью удовлетворяют условиям и требованиям электропривода антенных систем радиолокационных станций.

В них нет необходимости выполнять работы по текущему содержанию коллектора и щёток, при тех же габаритах оказывается возможным создать двигатель большей мощности, чем коллекторный, так как нет необходимости в ограничении по прочности обмотки якоря и коллектора.

Поэтому асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором обладает следующими преимуществами:

- может работать с большей частотой вращения,
- имеет в 1,5 – 2 раза меньшую массу,
- в 3 – 4 раза дешевле и гораздо надёжнее двигателя постоянного тока.

Расход меди при производстве асинхронных двигателей может быть уменьшен по сравнению с расходом меди в коллекторных двигателях постоянного тока в 2,5 – 3 раза при одинаковых мощностях и моментах.

## Выводы

Проанализированы особенности режимов работы частотно-управляемых электроприводов антенн радиолокационных станций. Результаты проведенных исследований показали, что создание надёжного и экономичного привода для антенн радиолокационных станций короткозамкнутого асинхронного двигателя требует решения ряда научно-технических задач, связанных с обеспечением возможности регулирования частоты вращения в достаточно широком диапазоне [5].

## Список литературы

1. Щека В.Н. Частотный спектр выходного напряжения циклокоммутатора / В.Н. Щека, Ю.И. Кушнерук // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: Центральний Нді навігації і управління, 2007. – Вип. 3. – С. 85-87.
2. Кравченко Н.И. Радиолокационные станции и комплексы радиотехнических войск. Часть II. Радиолокационная станция дальнего обнаружения и предупреждения 5Н84А: Конспект лекций / Н.И. Кравченко, А.И. Зубарев, В.Ф. Голубев. – Х.: ВИРТА, 1979. – 276 с.
3. Волков А.В. Анализ электромагнитных процессов асинхронного двигателя при питании от непосредственного преобразователя частоты / А.В. Волков // Техн. електродинаміка. – 2000. – № 6. – С. 33-40.
4. Петрушин В.С. Исследование энергетических показателей асинхронных двигателей в динамических режимах при параметрическом управлении / В.С. Петрушин, А.М. Якимец // Техн. електродинаміка. – 2001. – № 5. – С. 50-52.
5. Волков А.В. Потери мощности двигателя в асинхронных электроприводах с АИН – ШИМ и НПЧ / А.В. Волков // Техн. електродинаміка. – 2001. – № 1. – С. 44-50.
6. Щека В.Н. Коммутационные процессы в частотно-управляемом электроприводе / В.Н. Щека // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУ ПС, 2005. – Вип. 6(6). – С. 91-93.

Поступила в редколлегию 2.12.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПРИВОДІВ ОБЕРТАННЯ АНТЕН РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ

В.М. Щека

*Аналізуються особливості режимів роботи частотно-керованих електроприводів антен радіолокаційних станцій. Створення надійного і економічного приводу для антен РЛС короткозамкнутого асинхронного двигуна вимагає рішення ряду науково-технічних завдань, пов'язаних із забезпеченням можливості регулювання частоти обертання в достатньо широкому діапазоні.*

**Ключові слова:** частотно-керований електропривод, антени радіолокаційних станцій.

## ANALYSIS OF EXISTENT DRIVES OF AERIALS ROTATION THE RADAR

V.N. Shcheka

*The features of the modes are analysed robots of frequency-guided electric drives of aerials of the stations of radio-locations. Creation of reliable and economical drive for aerials РЛС requires a short-circuit asynchronous engine decisions of row of scientific and technical tasks, related to providing of possibility of adjusting of frequency of rotation in a wide enough range.*

**Keywords:** frequency-guided electric drive, aerials of the stations of radio-locations.