

**H.A. MEHDİZEY**

**GƏMİLƏRİN  
AVTOMATLAŞDIRILMIŞ  
ELEKTROENERGETİKA  
SİSTEMLƏRİ**



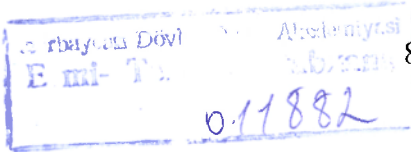
H.A. MEHDİYEV

**GƏMİLƏRİN  
AVTOMATLAŞDIRILMIŞ  
ELEKTROENERGETİKA SİSTEMLƏRİ**

«Gəmilərin elektrik avadanlıqları və avtomatıkası»  
ixtisası üzrə təhsil alan tələbələr üçün  
dərslük kimi tövsiyyə olunur

Azərbaycan Respublikası  
Təhsil Nazirliyinin

14.11.2006-cı il tarixli  
831 sayılı əmri ilə dərslük  
kimi təsdiq edilmişdir.



BAKİ 2006

Rəy verənlər: T.e.d. Q.A. Əbdülrəhmanov, prof. A.M. Hüsey-  
nov, dos. S.C. Osmanov və Azərbaycan Dövlət  
Xəzər Dəniz Gəmiçiliyinin «Texniki istismar»  
şöbəsinin rəis müavini Ş.N. Novruzov.

### **Hamlet Abduləli oğlu Mehdiyev**

«Gəmilərin avtomatlaşdırılmış elektroenergetika sistemləri».  
Ali məktəb tələbələri üçün dərslik.  
Bakı, «Nurlan», 2006. - 340 səh.

Dərslikdə gəmilərin avtomatlaşdırılmış elektroenergetika sistemlərini xarakterizə edən əsas anlayışlar şərh edilmişdir. Gəmi elektrik stansiyası generatorlarının gücü və gəmi elektrik şəbəkəsinin hesablanması əsasları verilmişdir. Generatorların gərginliyinin avtomatik tənzim olunması, onların iş rejimləri, generator aqreqatlarının və elektrik şəbəkələrinin mühafizəsi məsələlərinə baxılmışdır. Generator aqreqatları və GEES-in avtomatik idarə sistemlərinin qurulmasının əsasları şərh edilmiş və idarə alqoritmləri verilmişdir.

### **Мехтиев Гамлет Абдулали оглы**

«Судовые автоматизированные электроэнергетические системы». Учебник для ВУЗов.  
Баку, «Нурлан», 2006. - 340стр.

Изложены основные понятия, характеризующие судовые автоматизированные электроэнергетические системы. Даны основы расчета мощности генераторов судовой электростанции и электрических сетей. Рассмотрены вопросы автоматического регулирования напряжения судовых генераторов, их режимов работы, защиты генераторных агрегатов и электрических сетей. Изложены основы построения и алгоритмического описания функционирования систем автоматического управления генераторными агрегатами и СЭЭС.

0509040000 - 600

Qrılı nəşr

N - 098 - 2006

© «Nurlan», 2006

## ÖN SÖZ

Gəmilərin elektroenergetika sistemlərinə həsr edilmiş materiallar əsasən xarici ədəbiyyatlarda öz əksini tapmışdır. Azərbaycan dilində belə dərsliklərin olmaması ali dəniz məktəbində «Gəmilərin elektrik avadanlıqları və avtomatikasısı» ixtisası üzrə azərbaycan dilində təhsil alan tələbələr üçün müəyyən çətinliklər yaradır. Oxucuların müzakirəsinə verilən bu dərslik həmin problemi həll etmək məqsədini daşıyır.

Azərbaycan dilində «Gəmilərin avtomatlaşdırılmış elektroenergetika sistemləri» adlı ilk sistemləşdirilmiş dərsliyin əsasını müəllifin Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasında eyni adlı fənn üzrə oxuduğu mühazirələr təşkil edir.

Dərslikdə gəmilərin elektrik stansiyalarında qurulan sinxron generatorların xüsusiyyətləri, güclərinin hesablanma üsulları, iş rejimləri, hasil etdikləri elektrik enerjisinin işlədicilərə paylanması ətraflı şərh edilmişdir. Həmçinin gəmi elektrik şəbəkələrinin hesablanma qaydaları, generator aqreqları və elektrik şəbəkələrinin mühafizəsi, eləcə də generator aqreqlarının avtomatik idarə sistemləri üzrə bölmələr kitabda öz əksini tapmışdır.

Müəllif hesab edir ki, dərslik Dəniz Akademiyasında təhsil alan tələbələr, gəmilərdə çalışan elektromexaniklər və gəmi elektrik avadanlığının layihələşdirilməsi ilə rəşğul olan mütəxəssislər üçün faydalı olacaqdır.

## GİRİŞ

Gəmilərdə elektrik enerjisindən istifadə edilməsi 19-cu əsrin ikinci yarısına təsadüf edir. Təxminən 1870-ci ildən başlayaraq elektrik enerjisi yalnız gəmi otaqlarını işıqlandırmaq və elektrik siqnalı qurğularını işlətmək üçün sərf edilirdisə, 19-cu əsrin axırlarından (1887-ci il) bəzi gəmi mexanizmlərinin elektrik mühərrikləri vasitəsilə hərəkətə gətirilməsi (ventilyatorlar və göyertə mexanizmləri) həyata keçirilməyə başlandı. Bu vaxtlar elektrik enerjisi gəmilərdə gücü 10÷20 kVt, gərginliyi 30÷50 Volt olan sabit cərəyan generatorları vasitəsilə hasil edilirdi. Lakin gəmilərdə elektrik enerjisi ilə hərəkətə gətirilən mexanizmlərin sayı çoxaldıqca, onlara enerji verən sabit cərəyan generatorlarının gücü və gərginliyi də artırdı.

19-cu əsrin axırı və 20-ci əsrin əvvəli gəmi mexanizmlərinin sürətlə elektricləşmə dövrü sayılır, məsələn 1898-1905-ci illərdə, hazırlanan gəmilərin sükan və lövbər qurğularını hərəkətə gətirmək üçün elektrik intiqalının tətbiqinə, 1901÷1905-ci illər arasında isə maşın şöbəsinin köməkçi mexanizmlərinin (nasoslar) sabit cərəyan mühərriki ilə təchiz olunmasına başlanmışdır.

20-ci əsrin əvvəlinə qədər gəmidə qurulan generatorların ümumi gücü 100 kVt-a qədər, gərginlikləri isə 110-220 V olurdu. Bu vaxtlar, tərkibində generator aqreqatları və elektrik enerjisini işlədicilərə paylayan Baş paylayıcı şit olan gəmi elektrik stansiyası anlayışı yaranmağa başladı.

Qeyd etmək lazımdır ki, rotoru qısa qapanmış asinxron mühərrikinin sabit cərəyan mühərriklərinə nisbətən texniki və iqtisadi üstünlüklərinə baxmayaraq, uzun müddət onların gəmilərdə tətbiqi məhdud idi. Buna əsas səbəb asinxron mühərriklərin gəmi göyertə mexanizmlərinin iş rejimlərini təmin edə bilməməsi sayılırdı. Asinxron mühərriklərinin bu çatışmazlığına görə, gəmi elektrik avadanlığı üçün cərəyanın növü seçilərkən,

üstünlük sabit cərəyana verilir və gəmilərdə sabit cərəyan hasil edən elektrik stansiyaları qurulurdu.

İkinci dünya müharibəsindən sonra gəmiqayırma sənayesi üzrə qabaqcıl ölkələrdə dəniz şəraiti və gəmi mexanizmləri üçün yararlı olan çoxsürətli (3-4), rotoru qısa qapanmış asinxron mühərriklərin hazırlanması və sınağı başlandı. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində 1955÷1960-cı illərdən yeni hazırlanan gəmilərdə iş mexanizmlərini hərəkətə gətirmək üçün, asinxron mühərriklər tətbiq edilməyə başlandı və dəyişən cərəyan elektrik stansiyaları quruldu.

20-ci əsrin 70-ci illərindən gəmilərdə elektrik işlədicilərinin sayını artırmaq, əsas mexanizmləri dəyişən cərəyan intiqah ilə təchiz etmək, işçilər və sərnisənlər üçün normal həyat şəraiti yaratmaqdan ötrü çoxlu sayda elektrik işlədiciləri qurulmağa başlandı. Kondensiyonlar, soyuducular, həmçinin otaqları qızdıran və müxtəlif məişət cihazlarının elektrik işlədiciləri buna misal ola bilər. Belə gəmilərin elektrik stansiyalarında qurulmuş sinxron generatorların ümumi gücü 1000 kVt-a qədər (su tutumu böyük olan gəmilərdə daha böyük) gərginliyi isə 400 V təşkil edir.

Bu zamanlar elektrik enerjisinin hasil edilməsi, çevirilməsi və işlədicilər arasında paylanmasını yerinə yetirən «Gəmi elektroenergetika sistemləri» anlayışı yarandı. Təxminən 70-ci ildən başlayaraq hər 15-20 il ərzində gəmi elektrostansiyalarında qurulan generatorların ümumi gücü 1,5-dən 2 dəfəyə qədər artırdı. Gəmilərin elektricləşmə dərəcəsini göstərən elektroenergetika sisteminin gücünün dedveytə olan nisbəti də getdikcə yüksəldi. Hal-hazırda gəminin hər 1000 ton su tutumu üçün ümumi gücü 160-170 kVt olan elektrik avadanlığı qurulur, baş energetik qurğunun ümumi gücünün hər 1000 kVt-na elektrik generatorlarının 170-180 kVt və gəmidə qurulmuş elektrik avadanlığının isə 500 kVt gücü düşür. Bu göstəricinin daha da artması gözlənilir.



Gəmi elektroenergetika sistemi (GEES) gəminin energetik qurğusunun tərkibinə daxildir və üzmə sistemi, ümumi gəmi sistemi, idarə, nəzarət və mühafizə sistemləri ilə funksional əlaqədədir. Gəminin iş qabiliyyəti, təhlükəsizliyi və iqtisadi göstəriciləri GEES-in etibarlılığından asılıdır.

Müasir gəmilərdə elektroenergetika sisteminin əhəmiyyəti Baş energetik qurğunun əhəmiyyəti səviyyəsinə qalxmışdır və bəzi hallarda onu keçmişdir. Məsələn, böyük su tutumuna malik olan refrerjator gəmilərində GEES gəminin təhlükəsiz üzməsi, energetik qurğuların işi, gəminin yüklənməsi, yükün boşaldılması, onun körpüyə yanalmasını təmin etməklə yanaşı, onun yükünün korlanmamasını da təmin edir. Qeyd etmək lazımdır ki, GEES-in gücü və mürəkkəbliyi dərəcəsinin yüksəlməsilə yanaşı, onun avtomatlaşma dərəcəsi də artmışdır. 1960-65-ci illərdən başlayan avtomatlaşma aşağıdakı inkişar mərhələlərini keçmişdir:

- generator gərginliyinin və fırlanma tezliyinin avtomatik tən-zimi;
- generator aqreqatının məsafədən avtomatik idarə olunması;
- funksional qurğular vasitəsilə GEES-in idarəsi;
- məntiq qurğularının tətbiq edilməsilə GEES-in tam idarə edil-məsi;
- 20 əsrin sonunda və 21 əsrin əvvəlində gəmilərdə tətbiq edi-lən mikroprosessor və mikrokompyuter vasitəsilə GEES-nin idarəsi;

Axırncı mərhələ AI avtomatlaşma dərəcəsinin tələblərini ödəyir.

Tərkibində avtomatik idarə sistemi olan gəmi elektroene-rgetika sistemi avtomatlaşdırılmış elektroenergetika sistemi (GAEEES) adlanır.

## ƏDƏBİYYAT

1. А.П. Баранов. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы. Москва. Изд. «Транспорт», 1988.
2. В.Ю. Воскобович, Т.И. Королева, В.А. Павлова. Электроэнергетические установки и силовая электроника транспортных средств. Санкт-Петербург. Изд. «Элмор», 2001.
3. Л.А. Лемин, А.В. Пруссаков. Эксплуатация судовых систем электроснабжения. Санкт-Петербург, 2003.
4. В.А. Михайлов. Автоматизированные электроэнергетические системы судов. Изд. «Судостроение», Ленинград, 1977.
5. О.П. Хайдуков, А.Н. Дмитриев, Г.Н. Запорожцев. Эксплуатация электроэнергетических систем морских судов. Москва. Изд. «Транспорт», 1988.
6. Максимов Ю.И. Павлюченков А.М.. Эксплуатация судовых синхронных генераторов. «Транспорт», 1976.
7. Б.В. Осокин, О.П. Хайдуков. Электрооборудование судов. Москва. «Транспорт», 1982.
8. П.А. Mehdiyev, В.Ə. Ваğırov. Gəmi elektroenergetik qurğularının mikroprosessor sistemi ilə idarə olunması. Bakı, Nəşriyyat «Nurlan», 2005.
9. Кузнецов С.Е., Филев В.С. Основы технической эксплуатации судового электрооборудования и автоматики. Учеб. - СПб: «Судостроение», 1995.
10. Рябинин И.А., Киреев Ю.Н. Надежность судовых электроэнергетических систем и судового электрооборудования. Л., «Судостроение», 1974.
11. Ефремов Л.В. Практика инженерного анализа надежности судовой техники. Л., «Судостроение», 1980.
12. Судовые электроустановки и их автоматизация. К.Т. Витюк, П.И. Гриценко, П.К. Коробков, В.В. Тихонов. Москва, «Транспорт», 1986.



# MÜNDƏRİCAT

	səh
Ön söz .....	3
Giriş .....	4
1. Gəmi elektroenergetika sistemləri haqqında ümumi məlumat .....	7
1.1. Gəmi elektroenergetika sisteminin vəzifəsi və əsas hissələri .....	7
1.2. Gəmi generator aqreəatları .....	9
1.3. Gəminin baş mühərriklərindən enerji alan generator aqreəatları .....	11
1.4. Gəmilərin elektroenergetika sistemlərinin struktur sxemləri .....	14
1.5. Gəmi elektrik işlədiciləri və onların təsnifatı .....	21
2. Gəmi elektrik enerji mənbələri .....	24
2.1. Gəmi generatorları .....	24
2.2. Gəmi elektrik stansiyası (GES) generatorlarının gücü və sayının seçilməsi .....	25
2.3. Analitik üsulla GES-in generatorlarının ümumi gücünün təyini .....	29
2.4. Elektrik akkumulyatorları .....	32
2.5. Akkumulyatorların seçilməsi .....	36
3. Gəmi sinxron generatorlarının təsirlənmə sistemləri .....	39
3.1. Təsirlənmə sistemlərinin növləri və özü-özünə təsirlənmənin başlanğıc mərhələsinin xüsusiyyətləri ..	39
3.2. Fırçasız sinxron generatorların təsirlənmə sistemləri .....	46
3.3. Generatorların maqnit selinin söndürülməsi .....	49
4. Gəmi elektroenergetika qurğularının elektrik enerjisinin keyfiyyəti .....	53
4.1. Ümumi məlumat .....	53
4.2. Gəmi elektrik stansiyasının hasil etdiyi elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəriciləri .....	54
4.3. Gərginliyin dəyişməsinin gəmi elektrik avadanlığının işinə təsiri .....	56
4.4. Tezlik dəyişmələrinin gəmi elektrik avadanlığının	61

işinə təsiri .....	
4.5. Gəmi elektrik stansiyasının güc əmsalinin dəyişməsinin generator aqreqlarının işinə təsiri .....	63
5. <b>Gəmi generatorlarının avtomatik gərginlik tənzimləyiciləri</b> .....	70
5.1. Sinxron generatorların gərginliyinin enməsi səbəbləri və onun avtomatik tənzim üsulları .....	70
5.2. Sinxron generatorun cərəyana görə kompaundlanması .....	72
5.3. Gəmi sinxron generatorlarında fazaya görə kompaundlama üsulu ilə gərginliyin avtomatik tənzimi .....	74
5.4. Gərginliyə görə düzəlişi olan avtomatik tənzimləyicilər .....	77
5.5. QSS tipli gəmi sinxron generatorunun gərginliyinin avtomatik tənzim sxemi .....	78
5.6. MSK tipli gəmi sinxron generatoru gərginliyinin avtomatik tənzim sxemi .....	81
5.7. Fırçasız sinxron generatorların gərginliyinin avtomatik tənzimi .....	83
5.8. İki avtomatik gərginlik tənzimləyicisi olan fırçasız sinxron generator .....	86
5.9. Gəmi sinxron generatorlarının avtomatik gərginlik tənzimləyicilərinin sazlanması .....	88
5.10. Gəmi fırçasız sinxron generatorların istismarının xüsusiyyətləri .....	91
6. <b>Gəmi elektrik stansiyasının generatorlarının paralel işləməsi</b> .....	94
6.1. Generatorların paralel işləməsinin xüsusiyyətləri .....	94
6.2. Sabit cərəyan generatorlarının paralel qoşulması .....	95
6.3. Sinxron generatorların paralel qoşulması .....	98
6.4. Dəyişən cərəyan generatorlarının sinxronlaşdırılma üsulları .....	102
6.5. Dəyişən cərəyan generatorlarının avtomatik sinxronlaşması .....	104
6.6. Paralel işləyən sinxron generatorlar arasında aktiv yükün bölünməsi .....	106
6.7. Paralel işləyən sinxron generatorlar arasında reaktiv	110

yükün bölünməsi .....	119
7. Elektrik paylayıcı şitləri və onlarda qurulan aparatlar .....	119
7.1. Elektrik paylayıcı şitləri .....	119
7.2. Elektrik paylayıcı şitlərində qurulan şinlər .....	124
7.3. Kontaktlı elektrik aparatlarında gedən fiziki proseslər .....	127
7.4. Öl ilə idarəolunan kommutasiya aparatları .....	135
7.5. Mühafizə aparatları .....	138
7.6. Mühafizə releləri .....	149
7.7. Ölçü transformatorları .....	155
7.8. Aparat və cihazların seçilməsi .....	160
8. Gəmi elektrik şəbəkələri .....	164
8.1. Ümumi məlumat .....	164
8.2. Gəmi kabelləri .....	167
8.3. Gəmi elektrik şəbəkəsinin hesablanma qaydaları ....	170
8.4. Sabit cərəyan şəbəkəsinin hesabı .....	172
8.5. Dəyişən cərəyan şəbəkəsi üçün kabelin seçilməsi ...	177
8.6. Dəyişən cərəyan şəbəkəsində gərginlik itkisinin təyini .....	181
8.7. Generator kabelinin hesabı .....	187
8.8. Gəmi elektrik şəbəkələrinin izolyasiyasının yoxlanması .....	189
8.9. Dəyişən cərəyan şəbəkəsinin izolyasiya müqavimətini yoxlayan cihazın prinsipial elektrik sxemi .....	192
8.10. Gəmi elektrik şəbəkəsinin təhlükəsizliyi .....	198
8.11. Elektrik şəbəkələrinin istismarına dair təhlükəsizlik tədbirləri .....	206
9. Gəmi elektroenergetika sistemlərinin mühafizəsi ...	213
9.1. Mühafizənin vəzifəsi, növləri və onlara qoyulan tələblər .....	213
9.2. GEES-də mühafizəsinin strukturu .....	217
9.3. Gəmi generatorları və elektrik çeviricilərinin mühafizəsi .....	222
9.4. Gəmi elektrik şəbəkələrinin mühafizəsi .....	228
9.5. Gəmi elektrik işlədicilərinin mühafizəsi .....	231
9.6. Gəmi elektroenergetika sistemi mühafizəsinin tək-	235

milləşdirilmə istiqamətləri .....	
10. <b>Gəmi elektroenergetika sisteminin generator aqre- qatlarının idarə olunması</b> .....	242
10.1. Ümumi məlumat .....	242
10.2. Dizel-generator aqreqatlarının idarə sistemləri .....	243
10.3. İdarə sistemi alqoritmlərinin qraf sxemlərində təsvir edilməsi .....	250
10.4. Gəmi dizel-generator aqreqatlarının MAİ sisteminin alqoritmləri .....	253
10.5. Qəza dizel-generatorunun avtomatik idarə sistem ...	267
11. <b>Gəmi elektroenergetika sistemlərinin funksional və məntiq qurğuları vasitəsilə idarə edilməsi</b> .....	275
11.1. İdarə sisteminin qurulma prinsipləri .....	275
11.2. GEES-in tipik idarə sisteminin tərkibi və struktur sxemləri .....	277
11.3. Gəmi elektrik stansiyası generatorlarının sinxronlaş- dırılması və generatorun avtomat açarının idarə olunması .....	281
11.4. Ehtiyat DG-nın avtomatik işə salınması və paralel işləyən generatorlar arasında aktiv yükü bölünməsi	284
11.5. Generatorların artıq yüklənmədən mühafizəsi .....	287
11.6. Gəmi elektroenergetika sisteminin vahid məntiq qurğusu ilə idarə olunması .....	289
11.7. Məntiq idarə sisteminin əsas alqoritmləri .....	297
Ölavələr .....	319
Ədəbiyyat .....	335