

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TİCARİ BİR GEMİDE KISA DEVRE AKIMI HESAPLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bahar YILDIZ

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

ARALIK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TİCARİ BİR GEMİDE KISA DEVRE AKIMI HESAPLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Bahar YILDIZ
(504091041)**

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ayşen DEMİRÖREN

ARALIK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 504091041 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Bahar YILDIZ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “TİCARİ BİR GEMİDE KISA DEVRE AKIMI HESAPLARI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Ayşen DEMİRÖREN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Hatice Lale ZEYNELGİL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Şebnem HELVACIOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **08 Ekim 2015**
Savunma Tarihi : **18 Aralık 2015**

Eşime ve oğluma,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca bana yol gösteren ve yardımcı olan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ayşen DEMİRÖREN'e, her zaman yanımda olan aileme ve çalışmam süresince bana tahammül eden sevgili eşime teşekkürlerimi sunarım.

Ekim 2015

Bahar YILDIZ
Elektrik Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. GEMİ ELEKTRİK SİSTEMİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ	3
2.1 Gemilerde Elektrik Enerjisi Üretimi	4
2.1.1 Senkron generatörler	5
2.2 Gemilerde Elektrik Enerjisi Dağıtımı.....	6
2.2.1 Dağıtım panoları	8
2.2.2 Transformatörler	9
2.2.3 Elektrik yükleri	10
2.3 Gemi Elektrik Sistemlerinde Koruma	11
3. GEMİ ELEKTRİK SİSTEMİ TASARIMININ İNCELENMESİ	13
3.1 Gemi Elektrik Sistemi Yük Analizi.....	14
3.1.1 Generatör kapasitesinin belirlenmesi	15
3.1.2 Ana gerilim karakteristiğinin belirlenmesi	16
3.2 Gemi Elektrik Sistemi Kısa Devre Akımı Hesabı.....	17
3.2.1 Üç fazlı kısa devre akım hesabı	18
3.2.2 İki fazlı kısa devre akım hesabı.....	19
3.3 Gemi Elektrik Sisteminde Koruma Elemanları Seçimi.....	21
4. ETAP PROGRAMI HAKKINDA GENEL BİLGİ	23
4.1 ETAP Tek Hat Şeması	23
4.2 ETAP Yük Akış Analizi.....	26
4.3 ETAP Kısa Devre Analizi	29
5. 2950DWT BALIKÇI GEMİSİ UYGULAMASI	33
5.1 Balıkçı Gemisi Elektrik Sisteminin İncelenmesi	33
5.1.1 Tek hat şeması.....	34
5.1.2 Yük akış analizi.....	36
5.1.3 Kısa devre analizi.....	39
5.1.4 Koruma elemanları seçimi	44
6. SONUÇ.....	47
EKLER.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	161

KISALTMALAR

AC	: Alternating Current
AG	: Alçak Gerilim
ADT	: Ana Dağıtım Tablosu
ANSI	: American National Standards Institute
DC	: Direct Current
DG	: Dizel Generatör
EDT	: Emercensi Dağıtım Tablosu
EG	: Emercensi Generatör
ETAP	: Electrical Transient Analyzer Program
IEC	: International Electrotechnical Commission
OG	: Orta Gerilim
SOLAS	: International Convention for the Safety of Life at Sea

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Örnek yük analizi tablosu.....	15
Çizelge 5.1 : Gemi normal çalışma durumları yük akış analizi sonuçları	37
Çizelge 5.2 : Gemi acil durum çalışma durumları yük akış analizi sonuçları	38
Çizelge 5.3 : Gemi çalışma durumlarına göre devrede olacak generatörler.....	39
Çizelge 5.4 : Çalışma durumu 1 için hesaplanan kısa devre akımları	40
Çizelge 5.5 : Çalışma durumu 2 için hesaplanan kısa devre akımları	41
Çizelge 5.6 : Çalışma durumu 3 için hesaplanan kısa devre akımları	41
Çizelge 5.7 : Çalışma durumu 4 için hesaplanan kısa devre akımları	42
Çizelge 5.8 : Çalışma durumu 5 için hesaplanan kısa devre akımları	42
Çizelge 5.9 : Hesaplanan maksimum kısa devre akımları.....	44
Çizelge 5.10: Seçilen termik-manyetik şalterlerin kısa devre akım kapasiteleri.....	45
Çizelge C.1 : Senkron generatörlere ait parametreler (pu).....	78
Çizelge C.2 : Transformatörlere ait parametreler (IEC 60076-5'e göre)	78
Çizelge E.1 : Seçilen termik-manyetik şalterler	114

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Gemi elektrik sistemi genel yapısı	7
Şekil 4.1: ETAP yeni bir çalışma sayfası açılması.....	24
Şekil 4.2: ETAP yeni çalışma sayfası düzenleme	24
Şekil 4.3: Proje standardının belirlenmesi	24
Şekil 4.4: ETAP AC elemanların bağlanması	25
Şekil 4.5: Generatör elemanının değerlerinin girileceği pencere	25
Şekil 4.6: ETAP yük akış analizi modülünün başlatılması.....	26
Şekil 4.7: ETAP yük akış analizi çalışma sayfasını düzenleme	26
Şekil 4.8: ETAP yük akış analizi çalışma sayfasını düzenleme penceresi	26
Şekil 4.9: ETAP yük akış analizinin çalıştırılması	27
Şekil 4.10: Yük akış analizi sonuç raporu düzenleme	27
Şekil 4.11: Örnek gemi projesi yük akış analizi ETAP programı görüntüsü	28
Şekil 4.12: ETAP kısa devre analizi modülünün başlatılması.....	29
Şekil 4.13: ETAP kısa devre analizi çalışma sayfasını düzenleme	29
Şekil 4.14: ETAP kısa devre analizi çalışma sayfasını düzenleme penceresi	29
Şekil 4.15: ETAP kısa devre analizi standardının belirlenmesi	30
Şekil 4.16: ETAP IEC kısa devre analizinin çalıştırılması.....	30
Şekil 4.17: Kısa devre analizi sonuç raporu düzenleme	31
Şekil 4.18: Örnek gemi projesi kısa devre analizi ETAP programı görüntüsü	32
Şekil 5.1: Örnek gemi projesinin elektrik tek hat şeması	35
Şekil 5.2: Hesaplanan 2 fazlı minimum kısa devre akımları radar görünümü.	43
Şekil 5.3: Hesaplanan 3 fazlı maksimum kısa devre akımları radar görünümü.	44

TİCARİ BİR GEMİDE KISA DEVRE AKIMI HESAPLARI

ÖZET

Gemilerde günden güne elektrik enerjisi ihtiyacı artmaktadır. Gemideki elektrik enerjisi ihtiyacı gemi tipine ve tahrik sistemine göre değişmektedir. Güç ihtiyacını karşılamak için iki veya daha fazla ana generatör kullanılmaktadır. Ana generatörler elektrik enerjisini üretir. Üretilen elektrik enerjisi de ana dağıtım tablosundan tüm elektrik yüklerine dağıtılır. Gemi elektrik güç sistemi, elektrik enerjisinin üretilmesi ve dağıtımı ile ilgili tüm teçhizatı kapsamaktadır.

Gemi ve kara elektrik güç sistemi arasında farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar arasında en belirgini gemi elektrik güç üretim ekipmanları ile tüketiciler arasındaki mesafenin oldukça kısa olması ve sistemin alçak gerilim olması, kablo direnci ve reaktansı az olduğundan kısa devre akımını etkilemesidir.

Gemi elektrik güç sisteminin belirlenmesi için gerekli adımlar, generatör kapasitesi ve sayısını belirlemek için yük analizi yapılması, gemi ana gerilim seviyesi ve frekansının belirlenmesi, akım taşıma kapasitelerine ve gerilim düşümü hesaplarına göre besleme kablolarının kesitlerinin belirlenmesi, kısa devre akımı hesapları yapılması ve koruma elemanları ve onların kesme kapasitelerinin belirlenmesidir. Generatör kapasitesi ve sayısını belirlemek için yük analizi yapılır. Gemilerde kullanılan üç fazlı gerilim seviyeleri 440V-480V-690V-3.3kV-6.6kV vb. gibidir. Gemi gerilim seviyesi için çalışmalara yük analizi ile başlanır ve talep edilen güç bulunur, gerekli generatör, transformatör kapasiteleri belirlenir. Ana dağıtım tablosundaki kısa devre akımları hesaplanır. Kısa devre analizi, gemi elektrik güç sistemindeki uygun koruma elemanlarının belirlenmesi için önemli ve gereklidir. Bu analizler sonucunda geminin güvenli seyrine imkan verecek şekilde gemi elektrik sistemi tasarımı yapılmaktadır.

Bu çalışmada ele alınan gemi alçak gerilim elektrik dağıtım sistemi olan bir balıkçı gemisidir. Söz konusu gemi elektrik sisteminde kısa devre akım hesapları incelenmiştir. Kısa devre akım hesapları için öncelikle gemi elektrik sisteminde farklı çalışma durumlarında yük akış analizi yapılmıştır. Gemi elektrik sistemi kısa devre analizi yapılırken farklı noktadaki ve farklı çalışma durumlarındaki maksimum ve minimum kısa devre akımları hesaplanmıştır. Maksimum simetrik kısa devre akımı hesabı IEC 61363 standardına göre yapılmıştır. Kısa devre akım hesabının ana amacı sistemdeki belirli noktalarda kısa devre akımını belirlemek ve kısa devre akım kapasitesine uygun koruma elemanlarını seçmektir. Elde edilen sonuçlara göre ana dağıtım tablosu tasarımında gerekli ana koruma elemanları seçilmiştir. Örnek gemi elektrik sistemi için yük akış analizi ve kısa devre analizi ETAP programı kullanılarak yapılmıştır ve yapılan analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

CALCULATIONS OF SHORT CIRCUIT CURRENT IN ELECTRICAL POWER SYSTEM FOR A COMMERCIAL VESSEL

SUMMARY

The electrical power demand aboard ship increases according to its day to day operational needs. The electrical power demand will vary according to the ship type and propulsion system. To meet the power demand, two or more main generators are used. The main generators generate the electrical power and supply the main switchboard. The function of a ship's electrical distribution system is to safely convey electrical power to every item of equipment connected to the main switchboard. The ship electrical power system includes all equipments which are relevant to electrical power generation and distribution.

There are many differences between the shipboard and terrestrial electrical power system. The most significant difference is that the distance between power generating equipment and electric equipment of ships is short, and the voltage of power supply is low, so the lower circuit impedance influences short circuit current.

The shipboard power system design generally requires the tasks which are load analysis to define the generator size and number, selection of main voltage and frequency, sizing the feeder cables for required ampacity and for limiting the voltage drops, short circuit calculation, selection of protection devices and their breaking capacities based on short circuit calculations. Load analysis is made to size the generator capacity and number. 3-phase voltage levels in ships are 440V-690V-3.3kV-6.6kV etc. Starting with the load balance, the power required is calculated, necessary size of generators and transformers is selected. The short-circuit current of the main switchboard is calculated. Short circuit current analysis is essential and important for selection of proper protection devices. According to the analysis, shipboard electrical power system is designed to allow securely cruising of the ship.

In this study, a fishing vessel which has low voltage electrical power distribution system is studied. Short circuit current calculations in ship electrical power system is examined. Load flow analysis is carried out under different ship operational conditions for the short circuit current calculations. Maximum and minimum short circuit currents in ship electrical power system is calculated on different buses in ship distribution system under different operational conditions. 3-phase short circuit current calculation is carried out, in compliance with the prescriptions of the Std. IEC 61363. The short circuit analysis is often required to estimate the short circuit currents in different buses in the system to determine the proper capacities of protection devices. According to the short circuit analysis results, the main protective devices which are important and necessary for design of the main switchboard are selected. Load flow analysis and short circuit analysis for the fishing vessel electrical power system are performed by using ETAP program. The analysis results are explained.

1. GİRİŞ

İkinci dünya savaşına kadar gemilerde kullanılan elektrik makinalarının ve tesisat malzemesinin karada kullanılanlardan pek farkı yoktu. Tarihe karışmış gemilerde küçük kapasiteli düşük gerilimli (60V) basit doğru akım generatörleri, ilkel telsiz telgraf cihazlarından yararlanmak için kullanılırdı. İkinci dünya savaşından bu yana elektriğin gemilerde önemli bir yer alması ile gemilerde 5-10kW'lık generatörlerin yerlerini bu gün binlerce kW'lık generatörler almaya başladı [1].

Gemideki yardımcı sistemler makine dairesi pompaları, kompresörler, fanlar, güverte vinçleri ve ırgatlardan, genel aydınlatma, havalandırma ve yiyecek-içecek hizmetine kadar tüm ekipmanları kapsamaktadır. Aydınlatma ve diğer düşük güçlü yardımcı sistemler 110V veya 220V ile çalışırlar. Sözkonusu gerilim seviyeleri ana besleme kaynağına bağlı indirici transformatörlerden elde edilir. Geminin açık güverte bölgeleri, makine dairesi ve yaşam mahalleri kullanılacağı yere uygun farklı tiplerde aydınlatma armatürleri kullanılarak yeterli seviyede aydınlatılır. Ayrıca gemide gıda depolama, yemek pişirme ve hazırlama hizmetleri ile beraber, havalandırma ve çamaşırhane hizmetleri gemi personeli için oldukça önemlidir. Elektrik enerjisi tüm bu yardımcı sistemlerde kullanılmaktadır. Gemilerdeki elektrik enerjisi sistemi tüm yüklere uygun koruma elemanları ile güvenli bir şekilde elektrik beslemesi sağlamaktadır. Ayrıca personelin güvenliği de sağlanmaktadır. Gemideki elektrik güç talebi gemi tipine (tankerler, konteyner gemileri, büyük yolcu gemileri vb) ve tahrik sistemine göre değişmektedir. Gemilerde günden güne elektrik enerjisi ihtiyacı artmaktadır. Güç ihtiyacını karşılamak için iki veya daha fazla ana generatör kullanılmaktadır. Ana generatörler elektrik enerjisini üretir. Üretilen elektrik enerjisi de ana dağıtım tablosundan tüm elektrik yüklerine dağıtılır. Emercensi (acil durum) generatörü, acil durum aküleri ve acil durum dağıtım tablosu ana güç beslemesinde bir arıza olduğunda acil durum yüklere gerekli elektrik enerjisini sağlar. Gemide ayrıca sahil beslemesi mevcuttur. Generatörlerin çalışmadığı durumda limanda iken gemideki yükler sahil beslemesi kullanılarak çalıştırılır [2].

Gemi elektrik güç sistemleri kısa devre akım hesaplamaları ile ilgili birkaç literatür çalışması bulunmaktadır. Gemide generatör empedanslarının kısa devre akımlarındaki etkisi incelenmiştir [3]. Ticari gemi araçları kısa devre akımı hesaplama için yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir [4]. Gemilerde kısa devre akım hesaplamalarında kullanılan standartlar ile ilgili çalışmalar mevcuttur [5-6].

Bu tez çalışmasındaki amaç, gemi elektrik güç sistemi yapısı ile ilgili bilgi vermek ve gemi elektrik güç sistemi tasarımında en önemli adım olan kısa devre akım hesaplamalarını incelemektir. Ana dağıtım tablosunda kullanılacak tüm koruma elemanları kısa devre hesabı sonucu sistemde oluşabileceği öngörülen maksimum kısa devre akımına dayanabilecek şekilde seçilmektedir.

Bu yüksek lisans çalışması altı bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde gemi elektrik sistemi için yapılacak çalışma ile ilgili genel bilgi verilmiş ve tezin amacından bahsedilmiştir. İkinci bölümde gemi elektrik sisteminin genel özelliklerinden bahsedilmiştir. Gemi ve kara elektrik güç sistemleri arasındaki farklılıklara değinilmiştir. Üçüncü bölümde gemi elektrik güç sisteminin belirlenmesi için gerekli adımlar ve bu adımlardan biri olan kısa devre akım hesaplamaları incelenmiştir. Dördüncü bölümde ETAP programı hakkında genel bilgi verilmiştir. Beşinci bölümde gemi elektrik güç sistemi incelenmesi için alçak gerilim dağıtım sistemine sahip bir balıkçı gemisi ele alınmış ve yük akış analizi ve kısa devre analizleri ETAP programı kullanılarak yapılmıştır. Farklı noktalarda ve farklı çalışma durumlarında kısa devre akımları hesaplanmıştır. Kısa devre analizi sonuçlarına göre uygun koruma elemanları seçilmiştir. Sonuç bölümünde kısa devre analizinde sistemde farklı çalışma durumlarında arıza akımları hesaplandığı ve elde edilen sonuçların koruma elemanı seçimi için kullanıldığı ifade edilmiştir. Kısa devre analiz sonuçlarının doğruluğunun koruma elemanları kapasitelerinin belirlenmesinde oldukça etkili olduğu görülmüştür. Böylece arızadan kaynaklı hasar ve masrafin azaltıldığına değinilmiştir. Daha az yatırım maliyetiyle seçilen uygun koruma elemanının arıza akımlarını güvenli bir şekilde keseceği belirtilmiştir. Bir gemi elektrik güç sisteminde gerekli koruma elemanları seçiminden sonra ana dağıtım tablosunun tasarlanabileceği vurgulanmış ve orta gerilim gemi elektrik sistemleri için de benzer çalışmaların yapılacağı belirtilmiştir.

2. GEMİ ELEKTRİK SİSTEMİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Gemiler görev kabiliyetine ve taşıdıkları yüklere göre sınıflandırılabilir. Gemi tipleri taşıdıkları yüklere göre tankerler, kargo gemileri ve konteyner gemileri olarak tanımlanabilir. Yolcu taşıyan gemiler yatlardan, büyük seyahat gemilerine kadar farklı tipteki gemileri kapsamaktadır. Hem yük hem de yolcu taşıyan gemiler de farklı bir tip olarak incelenebilir. Bunların yanı sıra taşıma görevi olmayan, fakat özel aktiviteler ve hizmetler için kullanılan askeri gemiler, endüstriyel gemiler (balıkçı gemileri, sondaj gemileri, araştırma gemileri ve yüzer platformlar) bulunmaktadır. Farklı gemi tipleri farklı elektrik ihtiyaçlarına sahiptir [7].

Tüm gemilerin güvenli bir şekilde seyir yapması istenir. Denizde güven başta gelir. Burada şartlar karadakilere göre çok daha ağırdır. Denizde nem çoktur. Denizde gezen gemiler geniş sınırlı sıcaklık tesirleri ile karşılaşır. Gemilerde sürekli titreşimler vardır. Elektrik makineleri ve tesisatı için nem ve tuzlu su çok zararlıdır. Sallanmanın, titreşimlerin ve sınırları geniş olan sıcaklık değişimlerinin kötü tesirleri önemlidir. Bütün bu zararlı tesirlere karşı koyacak elektrik makineleri ve tesisat malzemeleri daha iyi konstrüksiyon, daha dayanıklı malzeme gerektirir [1].

Gemi ve kara elektrik güç sistemi arasındaki en temel fark, gemi güç sisteminin üretilen güçten tüketiciye kısa mesafeli izole bir sistem olmasına rağmen, kara elektrik sistemlerinde güç üretimi ile tüketici arasında yüzlerce kilometrelik mesafe, bunların arasında oldukça uzun iletim hatları ve pek çok trafo merkezlerinin bulunmasıdır [8]. Gemi ve kara elektrik güç sistemi arasındaki farklar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Gemi elektrik güç üretim ekipmanları ile tüketiciler arasındaki mesafe oldukça kısadır ve güç kaynağının gerilimi alçak gerilimdir, kablo direnci ve reaktansı az olduğundan kısa devre akımı büyük olur.
- Kara tesislerinde besleme kaynaklarının kapasiteleri devreye alınan motor kapasitelerine göre büyüktür. Gemi elektrik güç sisteminde üç fazlı asenkron motorların kapasiteleri oldukça büyüktür, bazı çalışma durumlarında bu oran yaklaşık %70-80 olabilir.

- Gemide elektrik enerji beslemesinin sürekli olması gerekir. Bilhassa dar sularda seyreden (örneğin boğaz geçişi yapan bir gemi) ya da bir iskeleye yanaşmak, kalkmak için manevra yapan bir gemide elektrik üretiminin kesilmesi gemiyi tehlikeye sokar.
- Kara elektrik tesislerindeki güç üretimine göre, gemi güç üretim sistemindeki generatör kapasiteleri oldukça küçüktür. Gemide uygun kapasitede en azından aynı güçte yedek bir generatör bulunması gerekir.
- Gemi elektrik güç sisteminin çalışma koşulları çok kötüdür, örneğin yüksek sıcaklık, titreşim, salınım, eğilim, şok, korozyon, yağ buharı gibi. Bu yüzden gemi elektrik güç sisteminde kısa devre meydana gelme olasılığı, kara tesislerine göre daha fazladır [1].

Kara elektrik sistemlerine göre, gemi elektrik sistemlerinde üretilen gücün tamamı küçük bir alan içerisinde kullanılmaktadır. Bu da gemilerdeki mühendislik zorluklarının nedenini göstermektedir ve yüksek doğruluk ve güvenilirlik alanlarında hassas analizler gerektirmektedir.

Geminin ana elektrik gücü, acil durum kaynaklarının yardımı olmaksızın geminin normal çalışması ve içindeki insanların yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli yardımcı hizmetlerin tümünü karşılayacak düzeyde olmalıdır. Gemi elektrik güç sistemi, elektrik enerjisinin üretilmesi, dönüştürülmesi, dağıtımı ve kontrolü ile ilgili tüm teçhizatı kapsamaktadır.

2.1 Gemilerde Elektrik Enerjisi Üretimi

Gemi güç üretim ünitesi, tahrik ünitesi (genellikle dizel makine) ve bu tahrik ünitesi ile tahrik edilen senkron generatörden oluşmaktadır. Güvenilirliği, verimliliği arttırmak ve daha iyi bir güç dağıtımı yapmak için birden fazla güç üretim ünitesi bulunmaktadır. Bu güç üniteleri genellikle, büyük gemiler hariç, ağırlığı eşit olarak dağıtmak için geminin merkez hattında sancak iskele uzunlamasına orta nokta göz önüne alınarak simetrik olacak şekilde yerleştirilmektedir [8].

Gemi elektrik güç sistemi, haberleşme sistemleri, seyir sistemleri ve operasyon sistemleri için gerekli enerjiyi sağlamaktadır. Gemi elektrik güç sisteminin sürekliliği ve güvenilirliği, geminin görevi için çok kritik bir etkidir. Gemi güç üretim ve kontrol sistemi elektrik enerjisi kapasitesinin büyümesinden dolayı her geçen gün

daha da karışık hale gelmektedir. Gemide en azından iki adet generatör seti bulunmalıdır. Generatör setlerinin sayısı ve kapasitesi önemli yükleri her zaman çalıştıracak şekilde olmalı ve bir de yedek generatör seti bulunmalıdır. Örneğin sivil bir ticari gemide dört dizel generatör, bir acil durum dizel generatör bulunabilir.

Elektrik gücünün acil durum kaynağı, ana güç beslemesinin kesilmesi halinde, acil durum tüketicilerinin beslemesini üzerine alabilmelidir. Acil durum kaynağı 24V'luk aküler ya da kaynak kesilmesi durumunda otomatik olarak devreye giren generatörlerle elde edilir. Bu acil durum kaynağı, ana güç kaynağından bağımsız olmalıdır. Acil durum kaynağının kapasitesi acil durum halinde güvenlik için gerekli olan tüm hizmetleri sağlayabilecek özellikte olmalıdır. Acil durum güç kaynağının bir generatör olması durumunda, ana güç kaynağının arızalanmasını müteakip 45 saniye içinde generatör otomatik olarak çalışarak acil durum dağıtım tablosuna bağlanır.

2.1.1 Senkron generatörler

Yeni inşa gemilerin çoğunda ve tüm ticari gemilerde alternatif akım (AC) güç üretim ve güç dağıtım bulunmaktadır. Tipik bir güç üretim istasyonundaki generatör seti senkron alternatör, tahrik edici dizel makine ve uyarma sistemlerinden oluşmaktadır. Dizel makine governörün kontrolü altında sabit devirde çalışır. Dizel makine çıkışındaki moment generatöre iletilir. Generatör elektrik yüklerine enerjiyi sağlar. Generatör gerilimi ve bara gerilimi otomatik gerilim regülatörü ile sürekli nominal değerde tutulur [9].

Gemilerde üç fazlı çıkık kutuplu senkron makinalar oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır [10].

Senkron gemi tipi generatörler, klasik generatörlerle karşılaştırıldığında birkaç farklılığa sahiptir. Tipik gemi tipi generatörlerde kutup sayısı 4'den 10'a kadar yapılabilmektedir. Uyarma sistemi, aynı mil üzerinde bulunan senkron generatörün yardımcı dış kutbu tarafından fırçasız uyarma şeklindedir. Özel montaj standartları bulunmaktadır. Soğutma sistemleri, açık hava (koruma sınıfı IP 56), soğutucu sulu kapalı devre (koruma sınıfı IP 44) şeklinde olabilmektedir.

2.2 Gemilerde Elektrik Enerjisi Dağıtımı

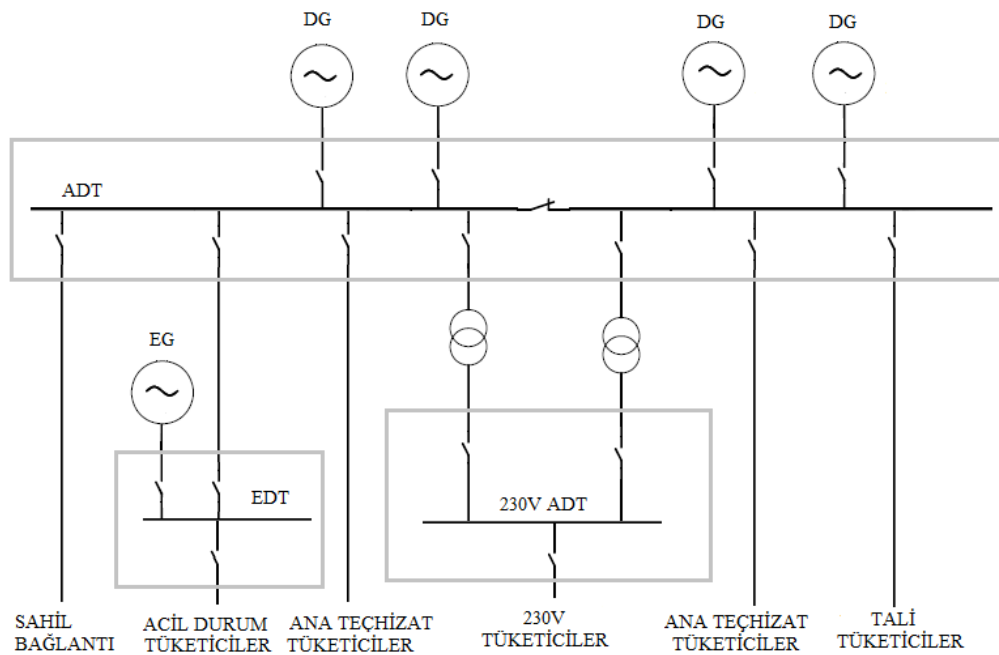
Gemilerde genellikle nötrü yalıtılmış (nötr noktası topraklanmamış) elektrik sistemi tercih edilir. Bunun sebebi gemi işletmesinde sürekliliği sağlamaktır. Gemilerdeki öncelikli beklenti önemli tüketicilerin elektrik beslemesinin devamlılığını sağlamaktır.

Eğer topraklanmış bir sistemde tek faz toprak arızası meydana gelirse bu gemi gövdesi boyunca generatöre karşı kısa devre arızasına eşit bir durum olacaktır. Sonuçta oluşan arıza akımı en kısa sürede ilgili termik-manyetik şalteri devreye sokacaktır. Hatalı ekipman besleme hattından izole edilmiş olacaktır. Fakat meydana gelen besleme kaybı daha tehlikeli durumlar meydana getirebilir. Örneğin ekipman gemideki önemli tüketicilerden biri ise mesela dümen sistemi ise, geminin seyir güvenliği tehlikeye girecektir. Yüksek arıza akımı arıza yerinde ark hasarına neden olabilir. Buna karşın, yalıtılmış sistemde meydana gelecek tek faz toprak arızası herhangi bir termik-manyetik şalterin çalışmasına neden olmayacak ve sistem normal bir şekilde çalışmasını sürdürecektir. Buradaki önemli nokta; ekipman tek faz toprak arızası ile çalışmasına devam edebilecektir. Yalıtılmış dağıtım sistemi önemli tüketicilerin beslemelerinin devamlılığını sağlamak için topraklanmış sistemlere göre daha etkilidir. Yalıtılmış sistem tek faz arızasına tahammül edebilen sistemdir [2].

Dağıtım sistemi elemanları çok önemli üç parça olarak gruplandırılır. Güç dağıtım sistemi, panolar, transformatörler ve onlardan beslenen tüketicilerden oluşmaktadır. Gemilerde elektrik güç besleme sistemi biri ana besleme biri de acil durum besleme olmak üzere iki adettir. Bu iki besleme bir kesici ile bağlanmaktadır.

Gemi boyunca uzanan elektrik dağıtım sistemi radyal, bölgesel veya radyal-bölgesel dağıtım sistemi olmak üzere üç farklı dağıtım sistemi şeklinde gerçekleştirilmektedir. Radyal dağıtım sistemlerinde, her bir yük doğrudan generatörün bağlı olduğu baradan beslenmektedir. Son zamanlarda, gemi elektrik sistemi dizaynında bölgesel dağıtım sistemi uygulanmaktadır. Bu topolojide, gemi fiziksel olarak bölgelere ayrılmıştır ve her bir bölge içerisindeki yük o bölgeye ait panolardaki baralardan beslenmektedir. Büyük gemilerde bölgesel dağıtım sistemi, radyal-bölgesel dağıtım sistemi şeklinde oluşturulmaktadır. Her bir bölge birbirleri ile bağlantılı olup, içerisinde yer alan yükler o bölgenin baralarından beslenmektedir [11].

Tipik bir ticari gemi güç sistemi generatör setleri, ana pano, sahil besleme tablosu, acil durum generatörü, acil durum panosu, dağıtım panoları ve çeşitli yüklerden oluşmaktadır. Generatörler ana panolara bağlanmaktadır. Ana panolar generatörler, yükler ve yük merkezleri arasında güç transferine olanak sağlamaktadır. Generatörler ayrı ayrı veya paralel olarak çalıştırılmaktadır. Gemilerdeki yükler 440V, 115V, 230V 60 Hz'de ve 440 ile 115V 400 Hz'de elektrik enerjisine ihtiyaç duyarlar. Generatörlerden elde edilen enerji transformatörler, konverterler kullanılarak ihtiyaç duyulan değerdeki güç kaynakları sağlanır. Gemi elektrik sisteminin genel yapısı Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Gemi elektrik sistemi genel yapısı.

Geminin mevcut görev isteklerine göre, gemi güç sistemi farklı konfigürasyonlarda efektif olarak kontrol edilebilmelidir. Bir gemide herhangi bir arıza durumunda geminin sevk ve tahrik sisteminin faal kalması istenir. Öyle ki gemi güç sisteminde bir arıza olduğunda, arızalı bölgeyi sistemin kalan kısmından izole edebilmeli ve geminin güvenilirliğini ve hayati öneme sahip yüklerin çalışmaya devam etmesini sağlamalıdır. Gemi güç sisteminde herhangi bir arıza durumunda, topraklama, kısa devre vb. gibi, arızanın gemi güç sisteminin diğer bölgelerine yayılmasını engellemek için güç sistemindeki arızalı bölge ayrılmak zorundadır. Arızalı kısmın sistemden ayrılması sağlanamazsa, diğer yüklerde, kablolarda, termik-manyetik şalterlerde ve diğer güç kaynaklarında felaket arızalar meydana gelebilmektedir.

Sistemdeki termik-manyetik şalterlerin veya diğer açma/kapama elemanlarının kontrolü ile gemi güç sisteminde arızalar izole edilebilir. Bu yüzden ana tablolarda güç yönetim sistemi bulunmaktadır. Güç yönetim sisteminin amacı mevcut operasyon durumu için gerekli olan gücü sağlamaktır. Bu da yükün, generatör durumlarının ve güç sisteminin izlenmesi ile gerçekleştirilmektedir.

2.2.1 Dağıtım panoları

Bir elektrik dağıtım sistemi ana pano ve dağıtım panolarından oluşmaktadır. Bu dağıtım sistemi iki, üç veya dört kısma ayrılabilir. Bara ayırıcılar kullanılarak bu ayırım ve bağlantı sağlanabilmektedir. Uygun koruma sistemi ve çalışma felsefesi ile, böyle sistemlerde esnek çalışma sahaları ve sistemde arızalı kısımlar izole edilirken manevra kabiliyetinde veya otomatik ayırma yük atma yapılırken sistemin durumunu koruyabilmesinde herhangi bir kayıp olmaksızın gerekli yedeklilik sağlanmaktadır [12].

Tipik bir gemi güç istasyonunda ana pano, acil durum panosu ve diğer dağıtım panoları bulunmaktadır. Panolar güvenilirliği güçlü bir şekilde etkilemektedir ve eğer panolar yedekleme göz önünde bulundurularak bağlanmazsa, herhangi bir kısa devre, yangın veya sel durumunda geminin kararmasına sebep olmaktadır. Bundan dolayıdır ki generatör panoları 2, 3 veya hatta 4 bağımsız bölüm olarak kullanılmaktadır. Genel olarak sistem yedeklemesi kısa devrenin sonuçlarından kaçınmak için yapılır, fakat en kötü durumlar su basmasında ve yangından korunmada da uygulanır. Bu tarz düzenlemeler su biriktiğinde harekete devam etmeyi sağlayacaktır. Örneğin, pano iki ayrı bölmeye ayrılmış olsun, bir bölmede kısa devreden dolayı bir arıza meydana geldiğinde, gemi %50 yükte harekete devam edebilir [8].

Ana dağıtım tablosunun düzenlenmesinde bazı temel prensipler vardır. Ana dağıtım tablosu simetrik panellere bölünerek güvenilirlik ve yedeklilik isteklerini karşılamaktadır. Generatörler ana baraya simetrik olarak bağlanır. Elektrik tüketicileri de baralara simetrik olarak bağlanır. Ana dağıtım tablosu tasarımı çoğunlukla belirlenen kısa devre akım seviyeleri ve termik-manyetik şalterlerin açma kapasiteleri tarafından belirlenir. Ana dağıtım tablosu tasarımı için frekans ve gerilim seviyesi de seçilmiş olmalıdır. Ana dağıtım tablosu pek çok standart ve kurallara göre en az iki farklı gözden oluşmaktadır. Genel olarak bir ana dağıtım tablosunda

her generatör için bir tablo, senkronizasyon için bir tablo ve bunların yan taraflarında ise güç ve aydınlatma dağıtım tabloları ile diğer gerekli dağıtım tabloları bulunur. Ana dağıtım panosundaki ana bara, bir bara ayırıcı şalterle iki bölüme ayrılır. Bu bara ayırıcı ile generatör setleri ve birbirini yedekleyen ana teçhizat tüketiciler de iki bölüme ayrılabilir. Bölümlerden birinin herhangi bir hasara maruz kalması esnasında, hasar görmemiş diğer bölümdeki tüketiciler bu şekilde beslenebilmektedir.

Normal çalışma durumunda acil durum tablosu ana tablodan bir besleme devresi ile beslenir. Bu devre üzerinde aşırı akım ve kısa devre koruması bulunmaktadır. Ana tablo enerjisinin kesilmesi halinde bu besleme devresini acil durum tablosundan otomatik olarak ayıran bir düzenek bulunur. Acil durum elektrik güç kaynağının acil durum dağıtım tablosu ve acil durum aydınlatma dağıtım tablosu mümkün olduğunca üst güverte üzerine yerleştirilir.

Geminin ana aydınlatma sistemi, ana elektrik güç kaynağından beslenen trafolarla bağlı dağıtım panoları ile beslenir, yolcuların ve personelin normal olarak ulaşabileceği bütün mahalleri yeterince aydınlatır. Sahilden besleme, sadece ana generatörlerin şalterleri devreden çıktığı zaman mümkün olmaktadır. Yük aktarımı amacıyla, geminin güç besleme sistemi ile sahil beslemesinin kısa süreli paralel çalışmasına izin verilir.

2.2.2 Transformatörler

Transformatörlerin amacı birkaç kısma ayrılmış dağıtım sisteminin farklı kısımlarında izolasyon yapmak ve ihtiyaç duyulan farklı gerilim seviyelerini sağlamaktır. Kullanımda çok farklı tasarımlara sahip transformatörler bulunmaktadır ve en yaygın olan tipler hava yalıtımlı kuru tip, reçine yalıtımlı, veya yağ yalıtımlı tiplerdir. Kurallar, ortam şartları ve kullanıcının, tersanenin veya üreticinin tercihleri transformatörün tipini malzemesini ve tasarımını belirlemektedir.

Fiziksel olarak, ortak bir manyetik nüve etrafındaki üç faz primer ve üç faz sekonder sargı ile oluşan üç fazlı üniteler olarak imal edilmektedirler. Manyetik demir nüve manyetik akı için kapalı bir yol oluşturur, iç sargı veya sekonder sargı düşük gerilim oluşturur, dış sargı veya primer sargı yüksek gerilim sargısıdır. Primer sargının sekonder sargıya oranı çevrime oranını vermektedir. Sarımlar Y-bağlantı veya Δ -

bağlantı yapılabilir. Transformatörler IEC standartlarına göre dizayn edilmektedir [8].

Gemilerde transformatördeki primer ve sekonder sargının her ikisi de üçgen bağlanmaktadır. Böylece güç hatlarından gemi gövdesine bir akım yoluna sebep olunmamaktadır. Dolayısıyla, sistem yüksek bir empedans toprağına sahip olmakta ve tek faz toprak arızalarından etkilenmemektedir.

2.2.3 Elektrik yükleri

Gemi elektrik güç sistemlerindeki yükler gemiye çeşitli hizmetler sağlamaktadır. Sağlanan hizmetin önemine göre, gemi elektrik güç sistemindeki yükler, öncelik sırasını arttırmak için ana teçhizat, tali teçhizat ve acil durum yükler olarak sınıflandırılabilir.

Tali yükler, geminin operasyonunu, sürekliliğini ve yaşamı etkilemeksizin sistemden kolayca atılabilen yüklerdir. Tali yükler, geçici olarak devre dışı kaldıklarında, geminin sevk ve manevrasını etkilemeyen ve yolcuların, mürettebatın, kargonun, geminin ve makinaların güvenliğini tehlikeye düşürmeyen tüketicilerdir. Bunlara örnek olarak, ısıtma ve mutfak gibi yükler, soğutma sistemleri, tüm elektrik güç kapasitesi tekrar sağlanana kadar kısa bir süreliğine devreden çıkarılabilecek diğer yüklerdir.

Ana teçhizat, geminin sürekliliğini ve yaşamı etkileyen, atılamayan yüklerdir. Geminin sevk, manevrası, seyiri ve güvenliği, yolcu ve mürettebatın güvenliği, yükün korunması fonksiyonlarının sürekliliği için gerekli sistemlerdir. Bunlar dümen makinası, pervane sistemleri, sevk ile ilgili ana ve yardımcı makinalar, yakıt besleme pompaları, vb. sistemlerdir.

Acil durum yükleri, ana enerji beslemesinin kesilmesinden sonra acil durum enerji kaynağından beslenmesi gereken, zorunlu yüklerdir.

Elektrik motorları elektrik gücünü mekanik güce çevirmek için çok yaygın olarak kullanılmaktadırlar ve gemilerdeki vinçler, pompalar ve fanlar gibi yükler için kullanılmaktadırlar. Kullanılan motorlar genellikle asenkron motorlardır. Bir elektrik motoru sisteme direk olarak bağlanabilir veya asenkron motorların yüksek kalkış akımlarından dolayı direk yol verme dışında, yıldız-üçgen yol verme veya soft starterler kullanılmaktadır.

2.3 Gemi Elektrik Sistemlerinde Koruma

Elektrik güç istasyonlarında, koruma ekipmanları ve röleleri insan hayatını veya elektrik sistemindeki arızalardan doğabilecek yaralanmalardan korumak için ve belirli limitlerin dışında çalışan ekipmanların daha fazla hasar görmesini engellemek için kullanılmaktadırlar. Ekipmanın fiziksel hasarı mümkün olduğunca azaltılabilmektedir.

Gemi elektrik güç sistemlerinde ekipman izolasyon hatalarından, anahtarlardan kaynaklı aşırı gerilimden vb. dolayı farklı arızalar meydana gelmektedir. Gemi güç koruma sisteminin arızayı veya istenmeyen durumları tespit etmesi ve en kısa zamanda güç sisteminden kaldırması istenmektedir. Selektivite ve koruma elemanlarının koordinasyonlu çalışması ile istenen koruma sistemine ulaşılmaktadır.

Gemi elektrik güç sistemini oluşturan ekipmanlardan generatörler, transformatörler, akümülatörler, güç elektroniği teçhizatı, sahil besleme devresi ve tüketiciler en az kısa devre ve aşırı akımlara karşı korunmalıdır. Bunun yanı sıra generatörler ters güce karşı, düşük ve aşırı gerilime karşı, düşük frekansa karşı korunmalıdır. Koruma teçhizatı ile ilgili limitler ve detayların yer aldığı Türk Loydu Elektrik Kuralları Bölüm-4 Ek-A'da verilmiştir.

Koruma teçhizatı, bir kısa devre durumunda selektivite muhafaza edilecek şekilde seçilmeli ve generatör koruması ile koordine edilmelidir. Tüketicileri korumak için termik-manyetik koruma şalterleri ve kompakt tip şalterler kullanılmalıdır.

Elektrik cihazlarının, akım taşımamakla beraber, temasa maruz kalan ve iletken olan parçaları bir kaçak halinde tehlikeli bir temas gerilimi oluşturacaklarından gemi gövdesine irtibatlandırılmalı ve bu şekilde koruma topraklaması sağlanmalıdır.

3. GEMİ ELEKTRİK SİSTEMİ TASARIMININ İNCELENMESİ

Gemi elektrik güç sisteminin belirlenmesi öncelikli olarak geminin tipine, görev kabiliyetine ve ana tahrik sistemine bağlıdır. Gemilerde elektrik enerjisi genel olarak generatörler tarafından üretilmektedir. Söz konusu generatörler ana dağıtım tablosuna bağlanır ve üretilen enerji buradan çeşitli yüklere dağıtılır. Gemideki generatörler dizel makine ile tahrik edilebildiği gibi, buhar veya gaz türbini ve gemi ana tahrik makinesi ile de tahrik edilebilir. Generatör tahrik makinesinin tipi ekonomik faktörlere ve gemi tipine göre belirlenmektedir.

Gemiler tahrik için çok büyük mekanik güce ve servis yükleri için elektrik gücüne ihtiyaç duyarlar. Bu durumda gemi ana tahrik sistemine göre gemileri gruplandırırız;

Dizel mekanik tahrikli gemiler: Gemilerde hareketi sağlayan ana makine, devir düşürücü, dişli kutusu, şaft, pervane geminin tahrik ve sevk sistemini oluşturur [13]. Elektrik servis yükleri ayrı servis generatörlerinden beslenmektedir. Günümüzde çoğu ticari kargo gemisi bu kategoridedir.

Elektrik tahrikli gemiler: Tahrik sistemi ve gemi servis yükleri için gerekli olan güç aynı ana generatörlerden sağlanır. Bu sistemin kullanımı son yıllarda giderek artmaktadır [14].

Gemi tasarımı aşamasında öncelikle gemi tipi ve gemi tahrik sistemi belirlenmektedir. Söz konusu faktörler gemi elektrik sisteminin yapısını etkilemektedir. Farklı gemi tipleri farklı elektrik ihtiyaçlarına sahiptir, örneğin;

Konteyner gemilerinde kargo yükleme/boşaltma ekipmanları elektrik sisteminde belirleyici rol oynarken, tankerlerde kargo pompaları ve kompresörler en etkili faktörlerdir, bunun yanı sıra yolcu gemilerinde en büyük elektrik yükleri havalandırma sistemi, mutfak ekipmanları ve aydınlatma ekipmanları oluşturmaktadır [14].

Gemi elektrik güç sistemi tasarımında genellikle aşağıdaki adımlar takip edilir:

- Maksimum elektrik güç ihtiyacına göre uygun güç sistemi yapısı belirlenir.
- Generatör kapasitesi ve sayısını belirlemek için yük analizi yapılır.
- Gemi ana gerilim seviyesi ve frekansı belirlenir.
- Akım taşıma kapasitelerine ve gerilim düşümü hesaplarına göre besleme kablolarının kesitleri belirlenir.
- Kısa devre hesapları yapılır ve koruma ekipmanları ve onların kesme kapasiteleri belirlenir.

Gemi tasarımı ve inşası için kullanılacak pek çok standart vardır. Bu standartlar klaslama kuruluşları tarafından düzenlenir. Klaslama kuruluşlarının amacı gemi tasarım ve inşasına ilişkin standartları belirlemek ve uygulamaktır. Bu standartlar içinde elektrik sistemi de yer almaktadır. Geminin üretiminin yapılacağı klas kuruluş seçilir ve klas kuruluşa ait elektrik kuralları tasarım için kullanılır [15]. Ülkemize ait gemiler için klas kuruluş olarak Türk Loydu geçerlidir. Gemi elektrik sistemi tasarımı ve imalatı yapılırken Türk Loydu Elektrik Kuralları göz önüne alınmalıdır.

Bu çalışmada önceki bölümlerde bahsi geçen gemi elektrik güç sisteminin belirlenmesi için gerekli adımlar ve kısa devre akım hesaplamaları incelenmiştir.

3.1 Gemi Elektrik Sistemi Yük Analizi

Gemilerde ana elektrik güç kaynağı generatörlerden oluşmaktadır. Bu ana güç kaynağı birbirinden bağımsız en az iki generatör setinden oluşmalıdır. Generatörlerden elde edilen enerji dönüştürücüler (transformatörler, konverterler) kullanılarak ihtiyaç duyulan değerdeki güç kaynakları sağlanır. Generatör kapasitesi ve sayısını belirlemek için yük analizi yapılır. Ayrıca yapılan yük analizi ile söz konusu dönüştürücülerin kapasitesi ve sayısı da belirlenmektedir. Gemilerde farklı çalışma modlarına göre (seyir, manevra, yükleme/boşaltma, liman vb) yük analiz hesapları farklılık gösterecektir.

Gemilerde elektrik ihtiyacı; aydınlatma, kumanda, sinyalizasyon, haberleşme ve bütün yardımcı makineler için gerekli toplam gücün tespit edilmesi ile bulunur. Geminin toplam elektrik ihtiyacı, çalışma durumuna göre değişir. Gemilerde genel olarak seyir durumu, limana varış-kalkış, yükleme-boşaltma durumu (yük gemileri ve tankerlerde) olmak üzere üç çeşit çalışma durumu vardır [13]. Elektrik yük analizi

için söz konusu gemi çalışma durumlarında yük ihtiyacını belirleyecek bir yük analizi tablosu oluşturulur. Örnek yük analizi tablosu çizelge 3.1’de gösterilmiştir. Yük analizi talosunda her bir yükün gücü talep faktörü ile çarpılarak beklenen güç ihtiyacı hesaplanır. Tüm yükler tam zamanlı çalışamaz, bazıları çok kısa süreli çalışır ve bazı yükler devredeyken, gemi çalışma modlarına göre, bazıları devrede olmayacaktır. Böylece seçilecek generatör kapasitesi tüm yüklerin güçlerinin toplamından daha az olacaktır. Talep faktörü belli periyodaki ortalama bir gücün, ekipmanın maksimum gücüne bölünmesi olarak tanımlanır. Talep faktörü benzer gemilerdeki benzer yüklerden tecrübe ile belirlenmektedir [15].

Çizelge 3.1: Örnek yük analizi tablosu.

Tüketici	Güç (kW)	Seyir		Liman		Manevra	
		Talep Faktörü	Güç (kW)	Talep Faktörü	Güç (kW)	Talep Faktörü	Güç (kW)
Yakıt transfer pompası	3	0.3	0.9	0	0	0.3	0.9
Yangın pompası	37	0.1	3.7	0.1	3.7	0.1	3.7
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
TOPLAM	ΣP	-	ΣP_{seyir}	-	ΣP_{liman}	-	$\Sigma P_{manevra}$

Yük analiz tablosunda gemideki yüklerin her birinin gücü talep faktörü ile çarpılır ve her bir gemi çalışma durumu için sonuçlar toplandığında beklenen generatör kapasitesi belirlenmektedir.

3.1.1 Generatör kapasitesinin belirlenmesi

Generatörlerin kapasitelerinin optimum değerleri ve sayısını belirlemek için kesin sonuçlar verecek matematiksel bir yöntem yoktur. Yük analizi hesapları referans gemilerdeki ilgili değerlere dayandırılarak yapılır. Böylece nihai seçim ve karar tecrübelerine dayanır. Klas kuruluş kuralları normal seyir yükünün %10 ile %20 fazlasının bir generatörle karşılanmasını ve bundan başka aynı kapasitede bir generatörün yedek olmasını belirtmektedir.

SOLAS’a göre geminin ana elektrik sistemi için en az iki adet generatör olmalıdır. Bu generatörler normalde kendilerine ait dizel makineler tarafından sürülürler.

Gemide servis generatörleri dışında sabit hızda çalışması beklenen gemi ana tahrik sistemi tarafından sürülen şaft generatörü olarak adlandırılan generatörler de bulunabilir. Şaft generatörleri ağır yakıt yakan gemilere konur. Şaft generatörleri uzun seyirlerde elektrik güç kaynağı olarak kullanıldığında, diğer servis generatörleri kısa periyotlarda çalıştırılır ve yakıt maliyeti düşürülür.

Servis generatörlerinin seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlardan biri de gemideki büyük güçlü motorların kalkış akımlarıdır. Bir generatör stand-by da beklerken, diğer bir generatörün geminin güvenli bir şekilde seyri için güç ihtiyacını karşılaması sırasında, büyük güçlü bir motorun kalkış akımının sebep olduğu bir gerilim düşmesi, halihazırda çalışan herhangi bir motorun durmasına veya kontrol ekipmanının çökmesine neden olmamalıdır. Büyük güçlü motorlar için farklı kalkış yöntemleri bulunmaktadır [16].

3.1.2 Ana gerilim karakteristiğinin belirlenmesi

Gemilerin çoğunda 440V 60Hz kullanılmaktadır. Avrupalı ticari gemilerde 380V yaygındır. Gemilerde kullanılan gerilim seviyeleri 440V-480V-690V-3.3kV-6.6kV – 9kV-11kV vb. gibidir. Gemi gerilim seviyesi için çalışmalara yük analizi ile başlanır ve talep edilen güç bulunur, gerekli generatör, transformatör kapasiteleri belirlenir. Ana dağıtım tablosundaki kısa devre akımları hesaplanır.

Gerilim seviyesinin arttırılmasının, arıza akım değerlerinin kısmi olarak azalması, kablo kesitlerinin azalması ve sonuç olarak ağırlık ve boyutların azalması, gerilim düşümlerinin azalması, kablo uzunluklarının daha büyük olabilmesi ve ana dağıtım tablosuna direk bağlanan motor güçlerinin arttırılması gibi bazı avantajları bulunmaktadır. Frekans olarak, gemi inşa tipi ve geminin bağlı olduğu ülke gibi farklı durumlara göre 50Hz veya 60Hz oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Bazı özel yükler için sadece askeri gemilerde 400Hz kullanılmaktadır [7].

Kurulu güç arttıkça, nominal yük akımları ve kısa devre akımları artacaktır. Bara mukavemetindeki fiziksel limitler ve şalt ekipmanlarının açma kapasiteleri sistem gerilim değerinin arttırılmasını gerekli kılmaktadır. Böylece akım seviyeleri azalacaktır. Orta gerilim seviyeleri pek çok uygulamada artan güç ihtiyacına göre gerekli hale gelmektedir [7]. Gerilim bir üst seviyeye geçirilirse, güç kayıpları azalır, daha yüksek gerilimde güç iletimi verimli olacaktır. Bunlar gemilerde orta gerilime doğru kaymanın başlıca sebepleridir.

Ana dağıtım sistemi gerilim seviyesi gemideki toplam güce bağlıdır. Büyük gemilerin orta gerilim üretim ve dağıtım sistemi, generatörlerin toplam kapasitesi 20MW değerini aştığında, 11kV gerilim seviyesinden sağlanmaktadır. Toplam generatör kapasitesi 10-20MW arasında bir değerde olduğunda, 6.6kV gerilim seviyesi kullanılmaktadır. Toplam generatör kapasitesi yaklaşık 12MW'a kadar olan sistemlerde 440V veya 690V alçak gerilim seviyeleri kullanılmaktadır.

3.2 Gemi Elektrik Sistemi Kısa Devre Akımı Hesabı

Yük analizi yapıp generatör kapasiteleri belirlendikten sonra öncelikli olarak kısa devre akım hesapları yapılmaktadır. Koruma ekipmanlarının belirlenmesinde nominal gerilim, akım ve kısa devre akımı temel karakteristik değerlerdir. Kısa devre analizi, gemi elektrik güç sistemindeki uygun koruma ekipmanlarının belirlenmesi için önemli ve gereklidir. Bu analizler sonucunda geminin güvenli şekilde seyrine imkan verecek şekilde gemi elektrik sistemi tasarımı yapılmaktadır.

Gemi elektrik güç sistemi ile kara güç sistemleri arasında oldukça büyük farklılıklar vardır. Bunlardan önceki bölümlerde bahsedilmiştir. Bahsedilen karakteristik özellikler gemi ile kara elektrik tesisleri arasındaki kısa devre akım farklılıklarını belirler ve böylece yapılacak hesaplarda da farklılıklar vardır. Bu farklılıklar arasında en belirgin olanı, gemi elektrik güç üretim ekipmanları ile tüketiciler arasındaki mesafe oldukça kısadır ve güç kaynağı alçak gerilimdir, öyleki devre empedansı kısa devre akımını etkiler. Kısa devre akımının büyüklüğü generator ile arıza noktası arasındaki generatör, kablo ve transformatörün toplam empedansı ile ilgilidir. Gemi elektrik sisteminde toplam empedans genellikle çok küçüktür, bu yüzden maksimum arıza akımı çok büyüktür [2]. Gemi elektrik güç sisteminin çalışma koşulları oldukça kötüdür, örneğin yüksek sıcaklık, titreşim, salınım, eğilim, şok, korozyon, yağ buharı gibi. Bu yüzden gemi elektrik güç sisteminde kısa devre meydana gelme olasılığı, kara tesislerine göre daha fazladır. Kara tesislerinde kısa devre hesabı IEC 60909 standardına göre yapılırken, gemi elektrik sistemi kısa devre akım hesabı IEC 61363 standardına göre yapılmaktadır.

Gemi elektrik sistemlerinde kısa devre akımı hesabı IEC 61363 “Electrical installations of ships and mobile and fixed offshore units- Part 1: Procedures for calculating short-circuit currents in three-phase a.c.” standardına göre gerçekleştirilir. Maksimum ve minimum kısa devre akımları hesaplanır. Maksimum kısa devre akımı

hesabı için, aynı anda eş zamanlı olarak çalışabilen tüm generatörler ve motorların devrede olduğu üç fazlı kısa devre durumu dikkate alınmalıdır [7]. Bara mukavemeti hesaplarında maksimum kısa devre akımı tepe değeri (I_p) kullanılmaktadır. Minimum kısa devre akımı en az sayıda generatörün devrede olduğu ve hiçbir motorun devrede olmadığı durumda hesaplanır ve selektivite analizi için kullanılır.

3.2.1 Üç fazlı kısa devre akım hesabı

IEC 61363 standardı sadece üç fazlı kısa devre akım hesabını kapsamaktadır. Üç fazlı kısa devre durumunda oluşan akım AC ve DC bileşenlerden oluşmaktadır. Üç fazlı kısa devre akım hesabı, IEC 61363 standardına göre generatörlerin kısa devre akımları için aşağıdaki denklemler kullanılarak yapılır.

$$I_{ac}(t) = (I'' - I')e^{-t/T_d''} + I' \quad (3.1)$$

$$I_{dc}(t) = \sqrt{2}I'' e^{-t/T_{dc}} \quad (3.2)$$

$$I_{peakmax} = \sqrt{2}I_{ac(T/2)} + I_{dc(T/2)} \quad (3.3)$$

IEC 61363 standardına göre, senkron makinenin geçici, başlangıç zaman sabitleri tarafından tanımlanan AC bileşen $I_{ac}(t)$ akımı (3.1)'deki gibi hesaplanacaktır. Kısa devre akımı tepe değerinin hesaplanmasında senkron makinenin DC zaman sabiti tarafından belirlenen DC bileşen $I_{dc}(t)$ akımı da göz önünde bulundurulur. $I_{dc}(t)$ akımı (3.2)'deki gibi hesaplanır. Kısa devre akımı maksimum tepe değerinin hesaplanması (3.3)'deki gibi olacaktır. I'' ve I' üç fazlı kısa devre akımının başlangıç ve geçici başlangıç değerleridir. Söz konusu standartta maksimum tepe değerinin T/2 için hesaplanacağı kabul edilmiştir [7].

Gemideki asenkron motorlar, büyük motorlar ve küçük motorlar olmak üzere iki grup olarak düşünülebilir. Söz konusu gruplandırma generatör kapasitesi ve motorun kapasitesine bağlıdır. Pervaneleri, kargo pompalarını, kreynleri çalıştıran motorlar normal olarak büyük, buna karşılık gemi yardımcı servis sistemlerini (yakıt transfer, vb) çalıştıran motorlar küçük motorlardır. Sistemde bir kısa devre meydana geldiğinde, tüm motorların devrede olduğu düşünülür. Büyük motorlar kendi başlarına değerlendirilmelidir. Küçük motorlar birarada gruplandırabilir ve tek bir eşdeğer kaynak olarak ele alınabilir. Kısa devre durumunda maksimum kısa devre

akımını hesaplamak için, tek bir büyük motorun karakteristik parametreleri kullanılarak bir generatör gibi davrandığı düşünülür.

Motorların üç faz maksimum kısa devre akımı eşitlik (3.4)'deki gibidir.

$$I_M(t) = \sqrt{2}I_{acM}(t) + I_{dcM}(t) \quad (3.4)$$

Eşitlikteki $I_M(t)$ motorun maksimum kısa devre akımı, $I_{acM}(t)$ kısa devre akımının AC bileşeni, $I_{dcM}(t)$ kısa devre akımının DC bileşenini ifade etmektedir. Söz konusu akımlara ait eşitlikler (3.5) ve (3.6)'daki gibi belirtilmektedir.

$$I_{acM}(t) = I_M'' e^{-t/T_M''} \quad (3.5)$$

$$I_{dcM}(t) = \sqrt{2}I_M'' e^{-t/T_{dcM}''} \quad (3.6)$$

Eşitlikteki I_M'' motorun başlangıç simetrik kısa devre akımını, T_M'' motorun başlangıç zaman sabitini, T_{dcM}'' motorun DC zaman sabitini ifade etmektedir.

Arıza noktasındaki toplam kısa devre akımı motor ve generatörlerin kısa devre akımlarının aritmetik toplamına eşittir. Senkron generatörler ve asenkron motorlar kısa devrenin ilk birkaç devri boyunca daha büyük kısa devre akımlarının oluşmasındaki ana kaynaklardır.

Sistemde ana üretim barasında, ana üretim barasına bağlı dağıtım tablolarında, trafo üzerinden ana üretim barasına bağlı dağıtım tablolarındaki kısa devre akımları değerlendirilir. Minimum ve maksimum kısa devre akımları geminin farklı çalışma modlarında hesaplanır.

Bu çalışmada, gemi elektrik güç sistemi incelenmesi için örnek sistemde gerekli kısa devre hesapları yapılacaktır. Kısa devre hesapları sonucunda, gemi elektrik güç sistemindeki uygun koruma elemanları belirlenecektir.

3.2.2 İki fazlı kısa devre akım hesabı

Üç fazlı kısa devre simetrik arızadır. İki fazlı toprak temassız kısa devre simetrik olmayan arızadır. Sistemde iki fazlı arıza olarak başlayan arızalar kısa süre içinde üç fazlı simetrik arızaya dönüşür. Bu yüzden gemi elektrik sistemi kısa devre akım hesaplarında üç fazlı kısa devre üzerinde durulmaktadır [15].

Simetrik olmayan arızalar için kısa devre akım hesaplamaları oldukça karmaşıktır. Simetrik olmayan arızalar için simetrik bileşenler kullanılarak analiz yapılmaktadır. Dengeli hatalarda sisteme ilişkin empedansların doğru bileşen değeri kullanılırken, simetrik olmayan hatalarda ise sistemdeki empedansların doğru bileşen değerlerine ilaveten ters ve sıfır bileşen değerleri de dikkate alınmaktadır [15]. İki fazlı kısa devre akımı hesabı için IEC 60909 standardı kullanılmaktadır. Başlangıç kısa devre akımı I_k'' (3.7)'deki eşitlik ile bulunur.

$$I_k'' = \frac{cU_n}{|Z_{(1)} + Z_{(2)}|} \quad (3.7)$$

Eşitlikteki $Z_{(1)}$ ve $Z_{(2)}$ sistemdeki empedansların pozitif ve ters bileşen değerleridir. Kısa devre akımı tepe değeri I_p (3.8)'deki eşitlik ile bulunur.

$$I_p = \kappa \sqrt{2} I_k'' \quad (3.8)$$

Eşitlikteki κ faktörü R/X 'e bağlı bir faktör olup (3.9)'daki formülle yaklaşık olarak hesaplanır.

$$\kappa = 1.02 + 0.98e^{-3\frac{R}{X}} \quad (3.9)$$

Generatörden uzak noktadaki arıza için kısa devre kesme akımı I_b , başlangıç kısa devre akımına eşittir. I_b akımı (3.10)'deki eşitlik ile hesaplanır.

$$I_b = \mu I_k'' \quad (3.10)$$

Eşitlikteki μ faktörü, şalterin minimum gecikme zamanı ve I_k''/I_n oranına göre belirlenmektedir [17].

Minimum kısa devre akımı selektiviteyi belirlemek için kullanılmaktadır. Minimum kısa devre akımı en az sayıda generatörün devrede olduğu ve hiçbir motor yükünün devrede olmadığı durumdaki iki fazlı kısa devre arızasına dayanmaktadır [16].

3.3 Gemi Elektrik Sisteminde Koruma Elemanları Seçimi

Koruma elemanları gemideki elektrik tüketicilerinin aşırı akım ve kısa devre akımlarına karşı korunmasında kullanılmaktadır. Koruma elemanlarının değiştirilmesi, bakımı ve kontrolünün daha kolay yapılabilmesi için genellikle generatör ve büyük güçlü tüketiciler için çekmeceli tipte termik-manyetik şalterler tercih edilir [7].

Koruma elemanı seçiminde sadece nominal akım ve gerilim değerleri değil, sistemde hesaplanan kısa devre akım değerleri de gereklidir. Etkin ve güvenli bir koruma gerçekleştirilmesi beklenen bir alçak gerilim koruma elemanının seçiminde esas alınması gereken temel kriterler aşağıdaki gibidir [7]:

- Termik-manyetik şalter anma akımı maksimum yük akımından daha büyük olmalıdır.
- Termik-manyetik şalter anma gerilimi hat gerilimden daha büyük olmalıdır.
- Termik-manyetik şalter kısa devre kesme kapasitesi I_{cu} hesaplanan kısa devre akımından ($t=T/2$ için hesaplanan $I_{ac}(t)$ değeri) büyük olmalıdır.
- Termik-manyetik şalter kısa devre kapama kapasitesi I_{cm} , IEC 61363 standardına göre hesaplanan maksimum kısa devre akımı tepe değerinden (I_p) büyük olmalıdır.
- Termik-manyetik şalterin koruyacağı yükün karakteristik özellikleri bilinmelidir.
- Ekstra özellikler (uzaktan açtırma, kaçak akımlara karşı koruma, düşük gerilim koruması, uzaktan açmakapama vb.)
- Çevre sıcaklığı.

Bu kriterlerin doğru tespiti ile bir alçak gerilim koruma elemanı beklenen koruma ve diğer fonksiyonları en hızlı ve güvenli bir şekilde yerine getirebilir. Arızalı kısmı ayırarak, kalan sistemin düzgün çalışmasına olanak sağlamaktadır. Arızalı kısmın sistemden ayrılması sağlanamazsa, diğer yüklerde, kablolarda, termik-manyetik şalterlerde ve diğer güç kaynaklarında felaket arızalar meydana gelebilmektedir. Bir kısa devre veya aşırı akım boyunca oluşan termik ve manyetik yüklerden kaynaklı ekipman hasarını engellemelidir. İnsan hayatını, elektrik sistemindeki arızalardan doğabilecek sonuçlardan korumalıdır. Tüm koruma elemanları uygun şekilde koordine edilmelidir. Yani uygun sigorta ve termik-manyetik şalterler seçilerek bir arıza durumunda sistemde seçicilik sağlanmalıdır. Termik-manyetik şalter veya

sigortanın açma kapasitesi hesaplanan kısa devre akımını güvenli bir şekilde kesebilecek kapasitede olmalıdır. Eğer daha düşük açma kapasiteli bir eleman yerleştirilirse, elemanın yangına sebep olması muhtemeldir. Alçak gerilim koruma elemanları ile ilgili detayların yer aldığı Türk Loydu Elektrik Kuralları Bölüm-5 Ek-B’de verilmiştir.

4. ETAP PROGRAMI HAKKINDA GENEL BİLGİ

ETAP, elektrik güç sistemlerinin tasarımı, simülasyonu, işletmesi, kontrolü, optimizasyonu ve analizi için geliştirilmiş en kapsamlı elektrik mühendisliği yazılımıdır. ETAP, tam olarak bir AC ve DC elektrik güç sistemleri analiz aracıdır. Elektrik mühendislerinin her türlü analizi ve tasarımı yapmalarını sağlamaktadır. Her türlü endüstri kuruluşuna ve sektöre uygun elektrik analiz modülleri sunmaktadır.

ETAP yazılımı içerisinde entegre edilmiş bir çok modül mevcuttur. Güç sistemleri analiz modülleri yük akışı, gerilim düşümü, kısa devre analizi, motor başlatma, geçici hal kararlılık analizi modüllerini kapsamaktadır. ETAP, yenilenebilir enerji sistemleri, dağıtım sistemleri, kablo sistemleri, iletim hattı, DC sistemler, topraklama sistemlerinin tasarım ve analizini sağlayacak yazılımları kapsamaktadır. Röle koordinasyonu yazılımı ile seçicilik analizi, güç kalitesi yazılımı ile harmonik analizi de yapılabilmektedir. Güç sistemlerinin çalışmasını görüntülemek, kontrol etmek, otomatik olarak yapmak, simule etmek ve optimize etmek için gerçek zamanlı bir güç yönetim sistemine de sahiptir. ETAP'da sistem modelini oluşturmak, düzenlemek ve yönetmek için mühendislik kütüphaneleri bulunmaktadır [18].

Bu tez çalışmasında sadece yük akış analizi ve kısa devre analizi modülleri kullanılmıştır. Kısa devre analizi modülü, geniş kapsamlı kütüphanelerden seçilebilen elemanlarla farklı tipteki kısa devre analizlerinin ANSI ve IEC gibi farklı standartlara göre yapılmasını sağlamaktadır. Yük akış analizi modülü de en doğru hesaplama ulaşmak için farklı metodlar seçilmesine izin vermektedir.

4.1 ETAP Tek Hat Şeması

ETAP yük akış analizi ve kısa devre analizi modüllerini kullanabilmek için öncelikle ETAP programında projenin tek hat şemasının oluşturulması gerekmektedir. Yeni bir tek hat şeması oluşturmak için ETAP programı çalıştırılır ve şekil 4.1'de görüldüğü gibi dosya (file) sekmesinden yeni proje (new project) seçilir.



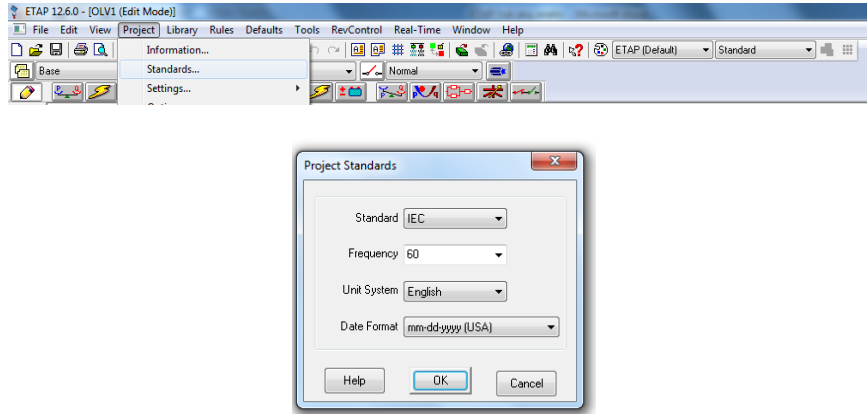
Şekil 4.1: ETAP yeni bir çalışma sayfası açılması.

Yeni bir tek hat şeması oluşturmak veya mevcut tek hat şeması üzerinde değişiklik yapmak için ETAP biçim (mode) araç çubuğunda düzen (edit) seçili olmalıdır. Şekil 4.2’de ETAP yeni çalışma sayfasının düzenleme durumuna gelmesi görülmektedir.



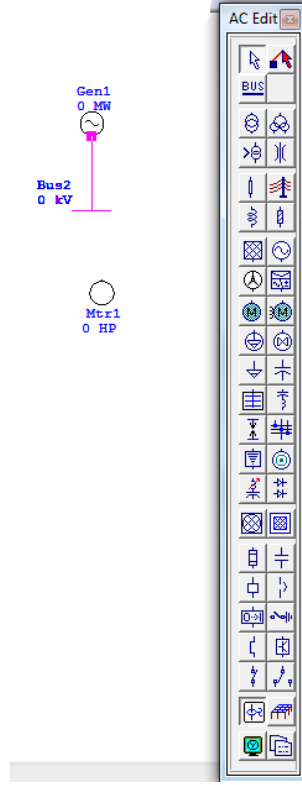
Şekil 4.2: ETAP yeni çalışma sayfası düzenleme.

Projenin hangi standarda göre çalışılacağını belirlemek için proje (project) sekmesinden standartlar (standards) seçilir ve şekil 4.3’deki pencereden projenin standardı ve frekansı seçilir.



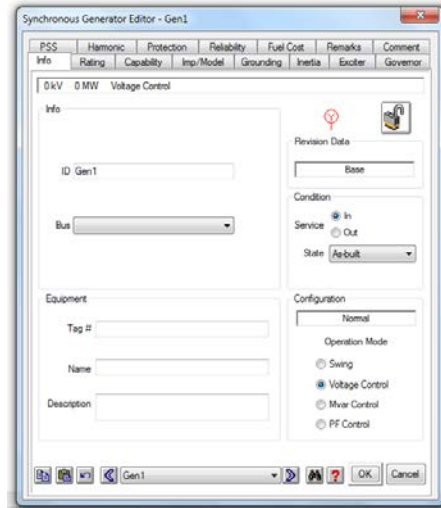
Şekil 4.3: Proje standart belirlenmesi.

Standardı belirledikten sonra tek hat şemasında kullanılacak olan elemanlar şekil 4.4’deki AC Düzen (AC Edit) araç çubuğundan seçilir. İstenen eleman fare sol tuşu ile tıklanıp, tek hat şeması sayfasında herhangi bir yere tıklanarak bırakılır. Tek hat şemasını oluşturacak elemanların tamamı bu şekilde sayfaya atılır. Fare, elemanın üzerine getirildiğinde şekil 4.4’deki gibi elemanın bağlantı noktası pembe renge döner. Pembe renge dönen bağlantı noktasına tıklandığında bağlantı çizgisi oluşur ve sürüklenip diğer elemanın bağlantı noktasına tıklanıp, tüm elemanlar gerektiği gibi birbirine bağlanarak tek hat şeması oluşturulur.



Şekil 4.4: ETAP AC elemanların bağlanması.

Elemanın üzerinde çift tıklandığında düzenleyici (editor) penceresi açılır ve örnek olarak şekil 4.5’de görülen pencerede generatör elemanına ait değerler girilir.



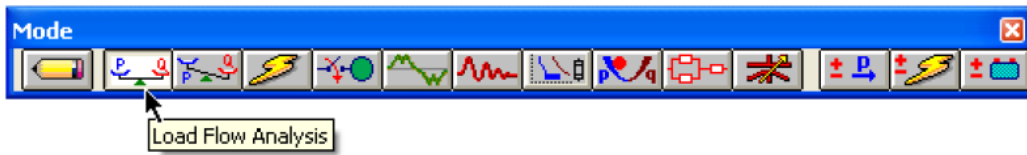
Şekil 4.5: Generatör elemanın değerlerinin girileceği pencere.

Bu şekilde her elemanın düzenleyici (editor) penceresi açılarak elemana ait gerekli değerler girilir. Böylece yapılacak analizler için tek hat şeması hazırlanmış olur [19].

4.2 ETAP Yük Akış Analizi

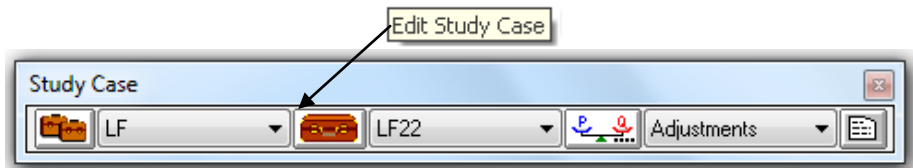
ETAP programında bu tez çalışmasında kullanılan modüllerden biri yük akış analizi modülüdür. Bu bölümde ETAP yük akış analizi modülünün nasıl çalıştırıldığı hakkında bilgi verilecektir.

ETAP programında çalışılacak proje tek hat şeması açılır. Yük akış analizi modülünü başlatmak için şekil 4.6'da görüldüğü gibi ETAP biçim (mode) araç çubuğunda yük akış analizi (load flow analysis) butonu tıklanır.



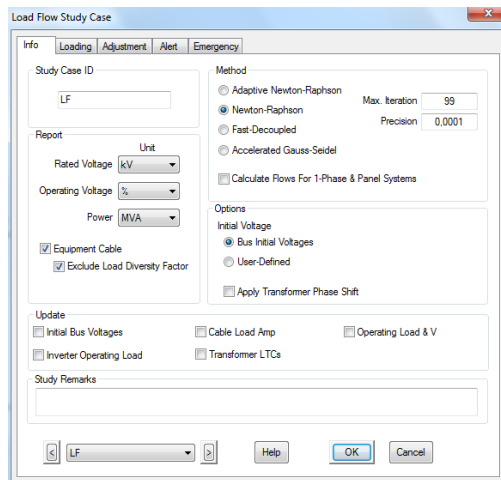
Şekil 4.6: ETAP yük akış analizi modülünün başlatılması.

Yük akış analizi modülü açıldığında çalışma sayfası (study case) araç çubuğu ekrana gelir ve şekil 4.7'deki gibi çalışma sayfası düzenleme (edit study case) butonu tıklanır.



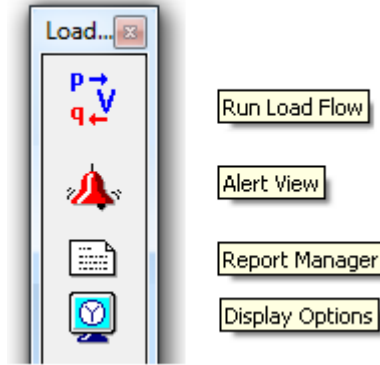
Şekil 4.7: ETAP yük akış analizi çalışma sayfasını düzenleme.

Açılan pencere şekil 4.8'de görüldüğü gibi olup, bu pencereden farklı yük analizi metodları seçilebilir, sonuç raporunda görüntülenecek veriler belirlenebilir.



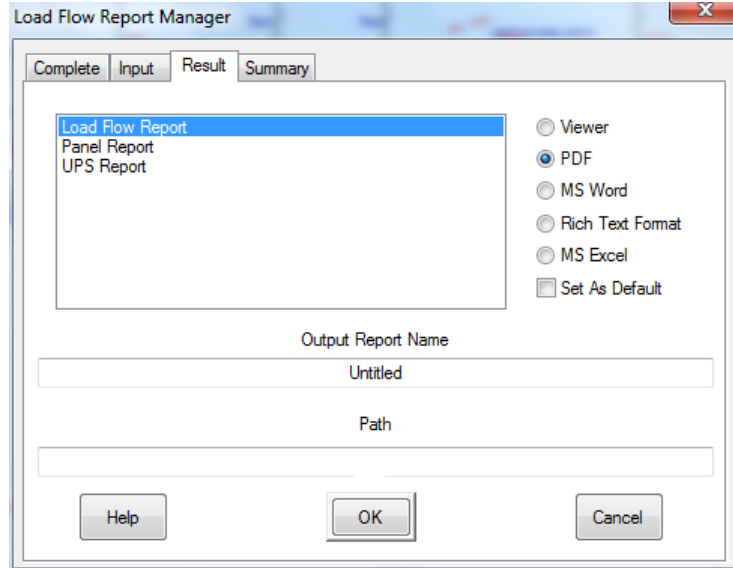
Şekil 4.8: ETAP yük akış analizi çalışma sayfasını düzenleme penceresi.

Yük akış (load flow) araç çubuğunun kullanılan kısmı şekil 4.9’da görülmektedir. Yük akışını çalıştır (run load flow) butonuna basarak yük akış analizi çalıştırılır [20].

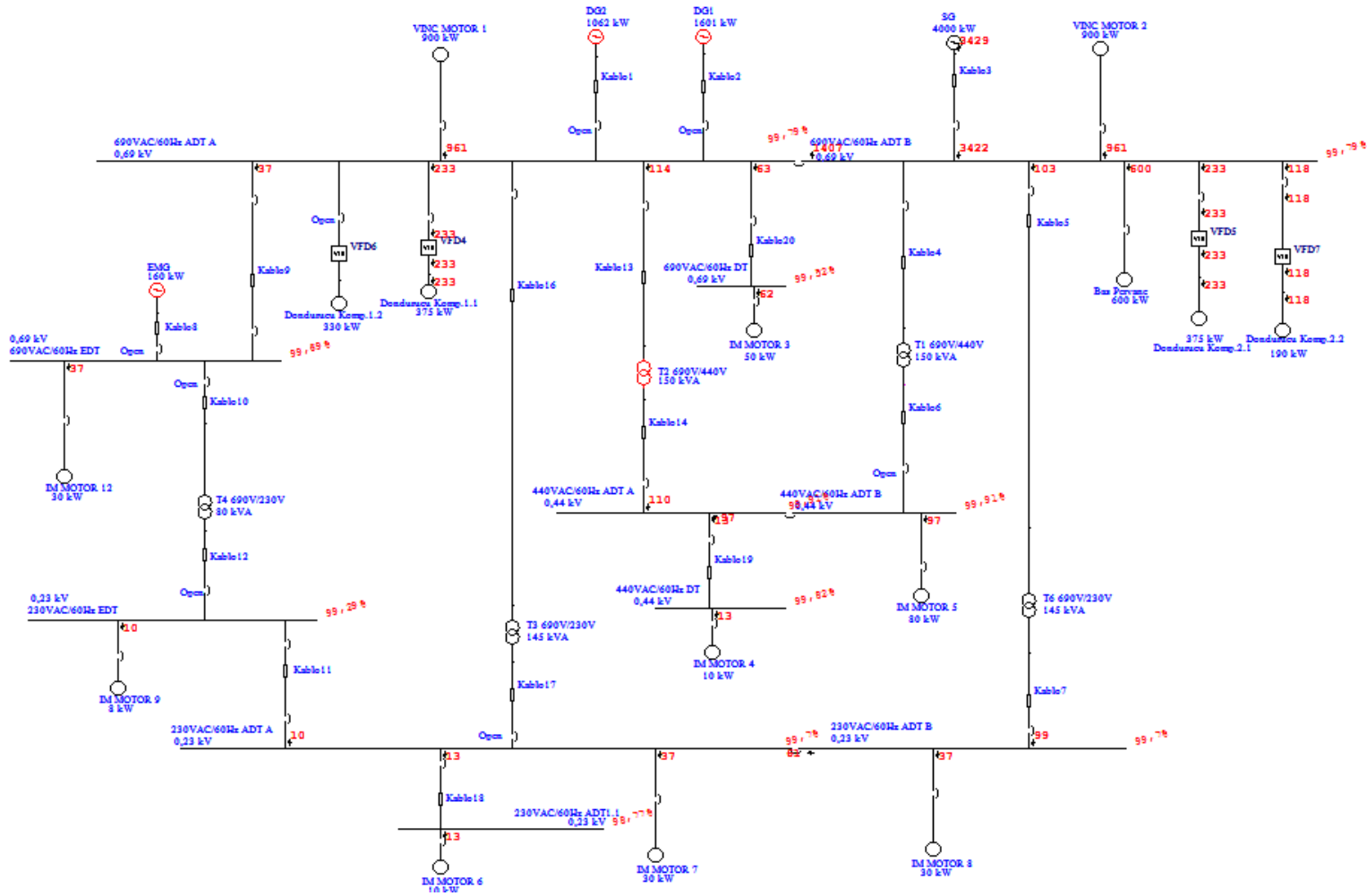


Şekil 4.9: ETAP yük akış analizinin çalıştırılması.

Yük akış analizi çalıştıktan sonra sonuçlar ETAP programındaki tek hat şeması üzerinde görülmektedir. Sonuç raporu almak için yük akış (load flow) araç çubuğunda rapor yöneticisi (report manager) butonuna basılır ve şekil 4.10’daki pencere açılır ve bu pencereden tüm yük akış analizi sonuçlarını gösteren istenen formatta sonuç raporu çıktı alınabilir [20]. Bu tez çalışmasındaki örnek gemi projemiz için yük akış analizi sonuçlarından biri şekil 4.11’deki gibi tek hat şemasında görülmektedir.



Şekil 4.10: Yük akış analizi sonuç raporu düzenleme.

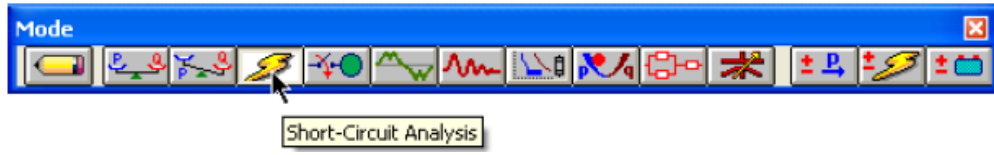


Şekil 4.11: Örnek gemi projesi yük akış analizi ETAP programı görüntüsü.

4.3 ETAP Kısa Devre Analizi

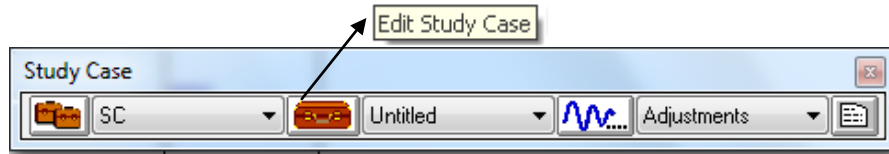
ETAP programında bu tez çalışmasında kullanılan modüllerden biri de kısa devre analizi modülüdür. Bu bölümde ETAP kısa devre analizi modülünün nasıl çalıştırıldığı hakkında bilgi verilecektir.

ETAP programında çalışılacak proje tek hat şeması açılır. Kısa devre analizi modülünü başlatmak için şekil 4.12’de görüldüğü gibi ETAP biçim (mode) araç çubuğunda kısa devre analizi (short-circuit analysis) butonu tıklanır.



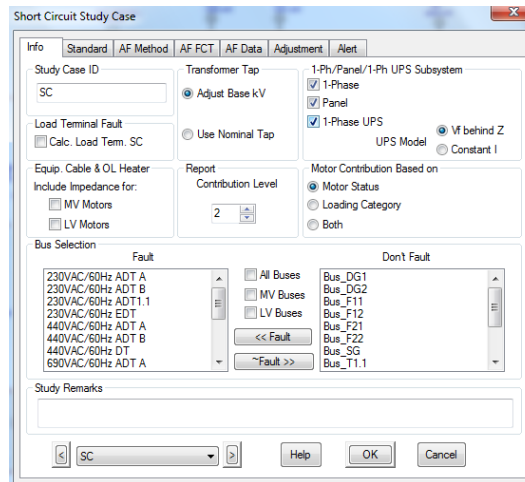
Şekil 4.12: ETAP kısa devre analizi modülünün başlatılması.

Kısa devre analizi modülü açıldığında çalışma sayfası (study case) araç çubuğu ekrana gelir ve şekil 4.13’deki gibi çalışma sayfasını düzenleme (edit study case) butonu tıklanır.



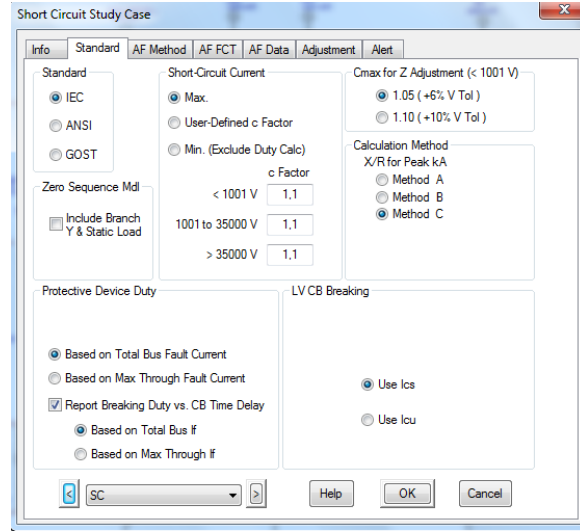
Şekil 4.13: ETAP kısa devre analizi çalışma sayfasını düzenleme.

Açılan pencere şekil 4.14’de görüldüğü gibi olup, bu pencereden hangi baralara kısa devre arızası verileceği seçilebilir.



Şekil 4.14: ETAP kısa devre analizi çalışma sayfasını düzenleme penceresi.

Açılan penceredeki standart (standard) sekmesi şekil 4.15’de görüldüğü gibi olup, bu pencereden proje kısa devre analizinin hangi standarda göre yapılacağı belirlenir.



Şekil 4.15: ETAP kısa devre analizi standardının belirlenmesi.

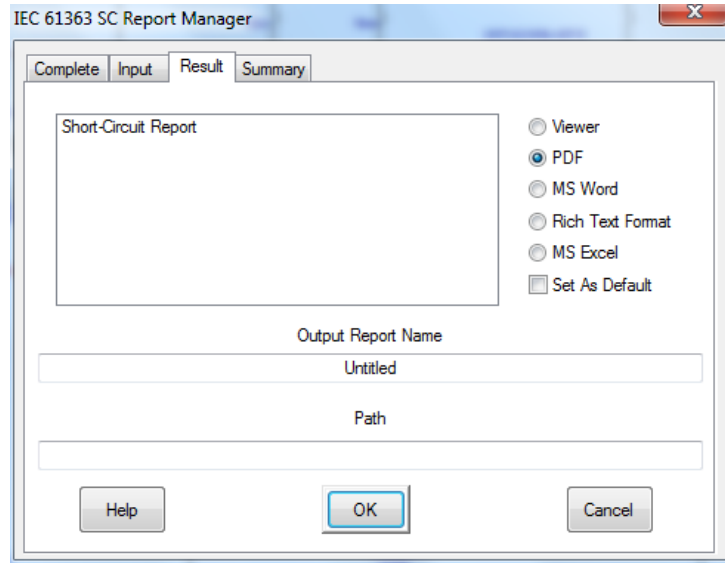
Bu tez çalışması için kısa devre analizi IEC standardına göre yapılacaktır. Şekil 4.15’de görüldüğü gibi maksimum veya minimum kısa devre akımları hesaplanabilir.

IEC Kısa devre (IEC short-circuit) araç çubuğunun kullanılan kısmı şekil 4.16’da görülmektedir. Bu tez çalışmasında kısa devre analizi IEC 61363’e göre yapıldığından IEC 61363 kısa devre analizi çalıştır (run transient SC (IEC 61363)) butonuna basarak kısa devre analizi çalıştırılır [21].



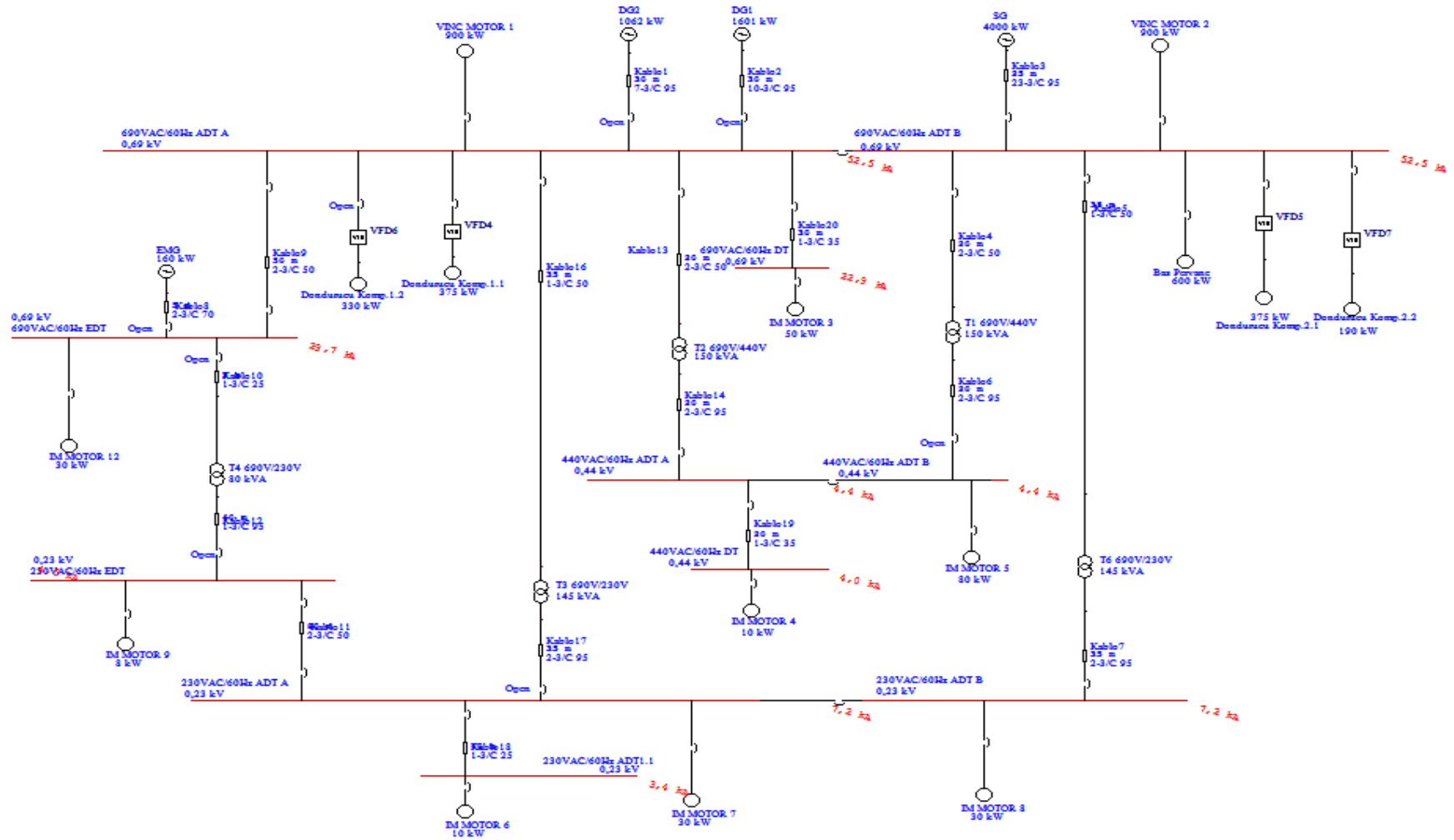
Şekil 4.16: ETAP IEC kısa devre analizinin çalıştırılması.

Kısa devre analizi çalıştıktan sonra sonuçlar ETAP programındaki tek hat şeması üzerinde görülmektedir. Sonuç raporu almak için IEC kısa devre (IEC short-circuit) araç çubuğunda rapor yöneticisi (report manager) butonuna basılır ve şekil 4.17'deki pencere açılır ve bu pencereden kısa devre analizinin tüm sonuçları istenen formatta sonuç raporu olarak alınabilir [21]. Bu tez çalışmasındaki örnek gemi projemiz için kısa devre analizi sonuçlarından biri şekil 4.18'deki gibi tek hat şemasında görülmektedir.



Şekil 4.17: Kısa devre analizi sonuç raporu düzenleme.

Kısa devre analizi sonuç raporunun içeriğini daha detaylı olarak göstermek için, bu tez çalışmasında oluşturulan bir kısa devre analizi sonuç raporu Ek-D'de yer almaktadır. Örnek gemi elektrik projemiz için ETAP programındaki yük akış analizi ve kısa devre analizi modüllerinin nasıl kullanıldığı detaylı bir şekilde anlatılmış olup, bir sonraki bölümde örnek gemi elektrik projemizin yük akış analizi ve kısa devre analizi ETAP programı kullanılarak yapılacak ve her bir baraya ait üç fazlı ve iki fazlı kısa devre akımları bulunacaktır. Maksimum ve minimum kısa devre akımları incelenecektir. Elde edilen maksimum kısa devre akımları sonuçlarına göre gerekli koruma elemanları seçimi gerçekleştirilecektir.



Şekil 4.18: Örnek gemi projesi kısa devre analizi ETAP programı görüntüsü.

5. 2950DWT BALIKÇI GEMİSİ UYGULAMASI

Gemi elektrik sisteminin genel planı tüm gemiler için hemen hemen ortaktır. Gemilerin büyük çoğunluğunda AC dağıtım sistemi tercih edilmektedir. Bu bölümde gemi elektrik güç sistemi incelenmesi için alçak gerilim dağıtım sistemine sahip bir balıkçı gemisi ele alınacaktır. Bu tez çalışmasında ele alınan balıkçı gemisi elektrik güç sistemi için gerçek veri ve parametreler kullanılmıştır. Gemi elektrik sistemi için yük akış analizi ve kısa devre analizi ETAP programı kullanılarak yapılacaktır. Kısa devre analizi sonuçlarına göre uygun koruma elemanları seçilecektir.

5.1 Balıkçı Gemisi Elektrik Sisteminin İncelenmesi

Gemilerin büyük çoğunluğunda alçak gerilim dağıtım sistemi olarak birkaç yıl öncesine kadar gerilim seviyesi olarak 440V standart olarak kullanılmaktaydı. Devam eden tonaj artışı ve buna bağlı olarak gemideki elektrik güç ihtiyacının artışından dolayı daha yüksek nominal akım ve kısa devre akım değerleri hesaplanmaktadır. Bu yüzden uygulamada gerilim seviyesi olarak 690V 60Hz seçilmiştir.

Gemi elektrik sistemi tasarımı yapılırken öncelikle benzer gemilerdeki elektrik sistemleri referans alınmaktadır. Alçak gerilim dağıtım sistemi için dört farklı çalışma modunda tahmini olarak yük analizi yapılmış ve benzer gemilerdeki elektrik sistemlerine göre bir adet şaft generatör sisteme dahil edilmiştir. Şaft generatör 4000kW nominal gücünde olup 690V çıkış gerilimine sahiptir. Bunun dışında sistemde iki adet senkron generatör bulunmaktadır. Bunlardan biri 1061kW olup liman generatörü olarak kullanılmaktadır. Diğer generatör 1600kW gücündedir. Gemide bir de 600kW gücünde baş pervane bulunmaktadır. Baş pervane direkt ana baradan beslenmektedir. Yük analizi sonucunda sistemin tek hat diyagramı oluşturulur. Sistem üzerinde bulunan generatörler gruplandırılarak bara bağlantıları gerçekleştirilir. Ana bara bir bara ayırıcı ile ikiye ayrılabilir. Her iki bara da 690/440 V çevirme oranlı transformatörler üzerinden 440V barasına bağlanmaktadır. 440V barası da bir bara ayırıcı ile ikiye ayrılabilir. Ayrıca 690/230V çevirme

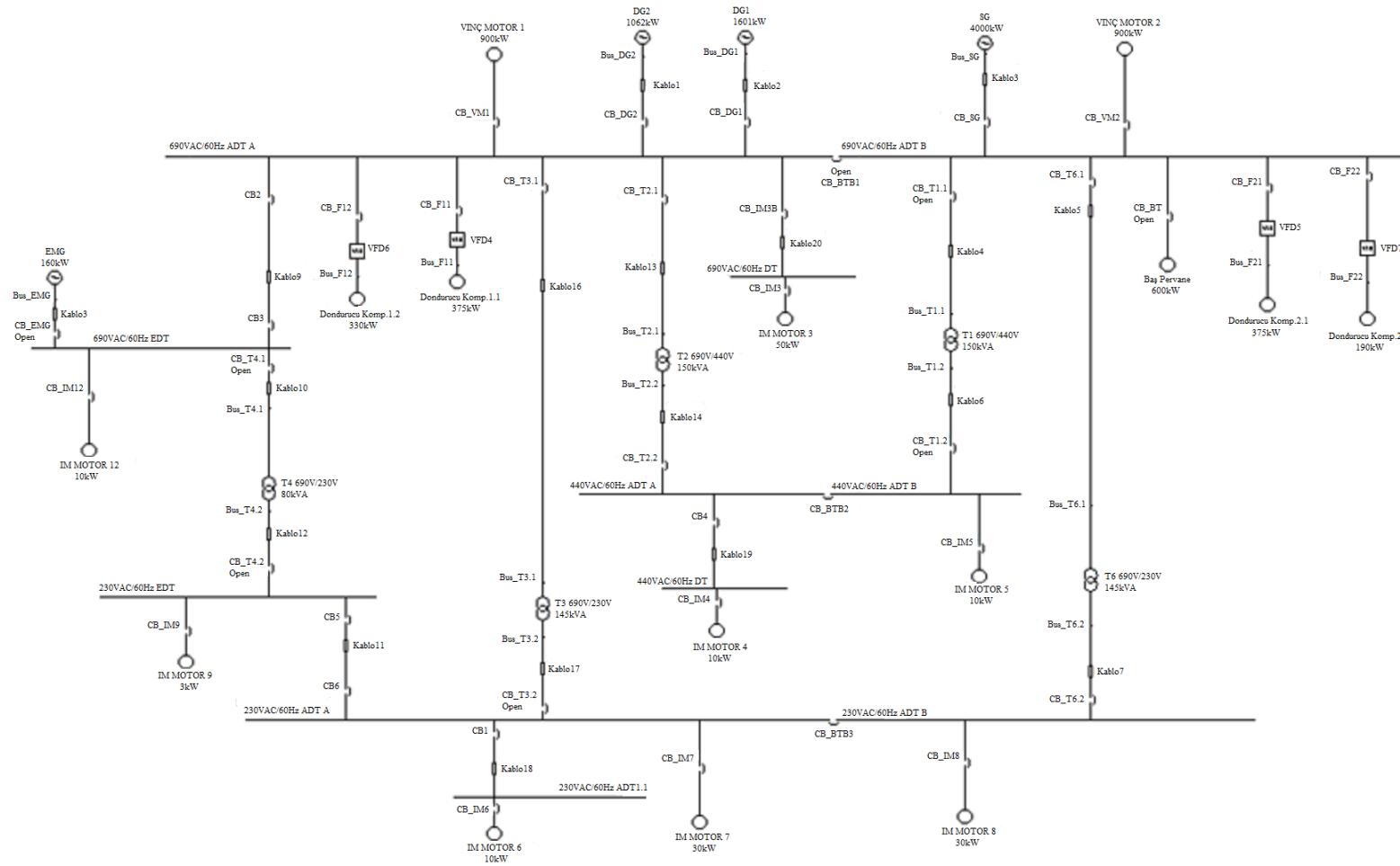
oranlı iki adet transformatör üzerinden 230V'luk yükler için bir dağıtım tablosu beslenmektedir. Söz konusu transformatörler yedekleme amaçlı iki adet kullanılmaktadır. Sistemde bir de acil durum generatörü ve buna bağlı acil durum dağıtım panosu bulunmaktadır. Bir transfer hattı ile acil durum panosu normal durumda ana dağıtım panosundan beslenmektedir. Acil durumda sadece acil durum tüketicilerini besleyecektir. Acil durum tüketiciler yangın pompası, dümen sistemi pompası 2, hava kompresörü, makine dairesi fanlar, acil durum aydınlatma transformatörüdür. Acil durum generatör şalteri ile transfer hattı şalteri arasında aynı anda devreyi besleyebilme riskini engellemek için elektriksel kilitleme mevcuttur. 690/230V çevirme oranlı bir adet acil durum transformatörü üzerinden 230V acil durum dağıtım panosu beslenmektedir. 230V acil durum dağıtım panosu ile 230V ana dağıtım panosu arasında da bir transfer hattı bulunmaktadır. Şaft generatörü ve diğer senkron generatörler arasındaki otomatik yük transferi 30s. içerisinde gerçekleşecek olup, şaft generatörü ve senkron generatörlerin paralel çalışması durumu için kısa devre hesabı yapılmayacaktır.

Geminin görev kabiliyeti kapsamında elektrik ihtiyacı yüksek olan ekipmanlar herbiri 900kW gücünde iki adet balık yakalama ağlarını çeken vinçler, her biri yaklaşık 375kW gücünde dört adet dondurucu kompresörden oluşmaktadır. Elektrik ihtiyacı yüksek olan bu yükler ana dağıtım panosunda direkt ana baradan beslenecektir.

Sistem üzerinde bulunan generatör ve transformatörlere ait parametreler Ek-C'de detaylı olarak verilmiştir. Alçak gerilim elektrik sistemi olan gemi gerçek bir proje olup kısa devre analizi yapılırken farklı çalışma durumlarındaki maksimum ve minimum kısa devre akımları hesaplanacak ve elde edilen sonuçlara göre ana dağıtım tablosu tasarımında gerekli ana koruma elemanları seçilecektir.

5.1.1 Tek hat şeması

Bu tez çalışmasında alçak gerilim dağıtım sistemine sahip bir balıkçı gemisinin elektrik sistemi kullanılacaktır. Örnek gemi projesinin ETAP programında oluşturulmuş elektrik tek hat şeması şekil 5.1'de yer almaktadır.



Şekil 5.1: Örnek gemi projesinin elektrik tek hat şeması.

5.1.2 Yük akış analizi

Yük akışı hesaplaması güç sistem tasarımı ve analizinde temel bir çalışmadır. Yük akışı analizi ile bara gerilimleri, generatör, transformatör, motor ve kablo gç akışları hesaplanarak aşırı yüklenme olup olmadığı belirlenmektedir. Yapılan uygulamada Newton-Raphson yöntemine dayanan AC yük akışı analizi kullanılmıştır. Bunun nedeni bu yöntemin AC yük akışı problemini kısa sürede ve az iterasyonla çzebilmesidir.

Güç sistemlerinin analizinde karşılaşılan problemlerin çözümünde lineer olmayan denklemlerle karşılaşılır. Newton-Raphson yöntemi çok değişkenli lineer olmayan denklemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılan bir analiz yöntemidir. Bu metoda göre başlangıçta, değişkenlerin değerleri rastgele belirlenir. Bu değerlerin kullanılması ile yeni değerler üretilir. En son üretilen iki değer arasında kabul edilebilir küçük bir fark sağlanıncaya kadar iteratif olarak çalışma devam ettirilir.

Newton-Raphson metodu (5.1)'deki gibi formüle edilir ve iterasyonla çözülür. Burada ΔP ve ΔQ belirlenen ve hesaplanan değerler arasındaki bara aktif ve reaktif güç farklarını, $\Delta|V|$ ve $\Delta\delta$ ise bara gerilim genliği ve açısındaki değişimleri, J jacobian matrislerini ifade etmektedir.

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\delta \\ \Delta|V| \end{bmatrix} \quad (5.11)$$

Jacobian matrisi (5.2)'deki gibi ifade edilmektedir. Jacobian matrisi aktif ve reaktif güç denklemlerinin aı ve genlik değişimine göre kısmi türevlerinden oluşur [20].

$$J = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial \delta} & \frac{\partial P}{\partial V} \\ \frac{\partial Q}{\partial \delta} & \frac{\partial Q}{\partial V} \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

rnek gemi elektrik dağıtım sisteminde yük akışı analizi yapmak için, sistemin tek hat diyagramı kullanılarak ETAP programına aktarılmıştır. Kısa devre analizi için geminin beş farklı çalışma durumu düşünülmüştür. Bu çalışma durumları sıra ile gemi elektrik sistemi için manevra durumu, balık avlama durumu, ana baranın ayrılması durumu, acil durum ve transfer hattı bağlı acil durumdur. Çalışma durumlarının detayları kısa devre analizi bölümünde verilmiştir. Bu çalışma durumlarını gruplandırırsak normal çalışma durumları için yük akış analizi sonuçları

çizelge 5.1’de ve acil durum çalışma durumları için yük akış analizi sonuçları çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.1: Gemi normal çalışma durumları yük akış analizi sonuçları.

	Çalışma durumu1			Çalışma durumu2			Çalışma durumu3		
	kV	MW	MVAr	kV	MW	MVAr	kV	MW	MVAr
BUS_SG	0.69	3.429	1.401	0	0	0	0.69	1.416	0.451
BUS_DG1	0	0	0	0.69	1.503	0.547	0.69	0.950	0.293
BUS_DG2	0	0	0	0.69	1.052	0.383	0.69	0.665	0.205
BUS_EMG	0	0	0	0	0	0	0	0	0
230VAC/60Hz ADT	0.23	0.037	0.018	0.23	0.037	0.018	0.23	0.037	0.018
230VAC/60Hz ADT1.1	0.23	0.013	0.007	0.23	0.013	0.007	0.23	0.013	0.007
230VAC/60Hz EDT	0.23	0.010	0.006	0.23	0.010	0.006	0.23	0.010	0.006
440VAC/60Hz ADT	0.44	0.097	0.043	0.44	0.097	0.043	0.44	0.097	0.043
440VAC/60Hz DT	0.44	0.013	0.007	0.44	0.013	0.007	0.44	0.013	0.007
690VAC/60Hz ADT A	0.69	1.194	0.396	0.69	1.194	0.396	0.69	1.399	0.396
690VAC/60Hz ADT B	0.69	1.912	0.846	0.69	1.079	0.396	0.69	1.312	0.396
690VAC/60Hz DT	0.69	0.062	0.028	0.69	0.062	0.028	0.69	0.062	0.028
690VAC/60Hz EDT	0.69	0.037	0.018	0.69	0.037	0.018	0.69	0.037	0.018
T1 690/440V	0	0	0	0.69	0.114	0.055	0	0	0
T2 690/440V	0.69	0.114	0.055	0	0	0	0.69	0.114	0.055
T3 690/230V	0	0	0	0.69	0.063	0.033	0	0	0
T4 690/230V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T6 690/230V	0.69	0.102	0.054	0	0	0	0.69	0.102	0.054
Vinç motor 1	0.69	0.961	0.396	0.69	0.961	0.396	0.69	0.961	0.396
Vinç motor 2	0.69	0.961	0.396	0.69	0.961	0.396	0.69	0.961	0.396
Baş Pervane	0.69	0.600	0.450	0	0	0	0	0	0
Dondurucu komp.1.1	0.69	0.233	0.099	0.69	0.233	0.099	0.69	0.233	0.099
Dondurucu komp.1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dondurucu komp.2.1	0.69	0.233	0.099	0	0	0	0.69	0.233	0.099
Dondurucu komp.2.2	0.69	0.118	0.051	0.69	0.118	0.051	0.69	0.118	0.051

Çizelge 5.2: Gemi acil durum çalışma durumları yük akış analizi sonuçları.

	Çalışma durumu4			Çalışma durumu5		
	kV	MW	MVA _r	kV	MW	MVA _r
BUS_SG	0	0	0	0	0	0
BUS_DG1	0	0	0	0	0	0
BUS_DG2	0	0	0	0	0	0
BUS_EMG	0.69	0.048	0.024	0.69	0.048	0.024
230VAC/60Hz ADT	0	0	0	0.23	0.010	0.006
230VAC/60Hz ADT1.1	0	0	0	0	0	0
230VAC/60Hz EDT	0.23	0.010	0.006	0.23	0.010	0.006
440VAC/60Hz ADT	0	0	0	0	0	0
440VAC/60Hz DT	0	0	0	0	0	0
690VAC/60Hz ADT A	0	0	0	0.69	0.010	0.006
690VAC/60Hz ADT B	0	0	0	0	0	0
690VAC/60Hz DT	0	0	0	0	0	0
690VAC/60Hz EDT	0.69	0.037	0.018	0.69	0.037	0.018
T1 690/440V	0	0	0	0	0	0
T2 690/440V	0	0	0	0	0	0
T3 690/230V	0	0	0	0.69	0.010	0.006
T4 690/230V	0.69	0.010	0.006	0	0	0
T6 690/230V	0	0	0	0	0	0
Vinç motor 1	0	0	0	0	0	0
Vinç motor 2	0	0	0	0	0	0
Baş Pervane	0	0	0	0	0	0
Dondurucu komp.1.1	0	0	0	0	0	0
Dondurucu komp.1.2	0	0	0	0	0	0
Dondurucu komp.2.1	0	0	0	0	0	0
Dondurucu komp.2.2	0	0	0	0	0	0

Yük akışı sonuçlarına göre aşırı yüklenme durumu bulunmamaktadır. Bundan sonra kısa devre analizine başlanacaktır.

5.1.3 Kısa devre analizi

Kısa devre analizi, gemi elektrik güç sisteminde uygun koruma elemanlarının belirlenmesi için önemli ve gereklidir. Gemi elektrik sistemlerinde kısa devre akımı hesabı IEC 61363 “Electrical installations of ships and mobile and fixed offshore units- Part 1: Procedures for calculating short-circuit currents in three-phase a.c.” standardına göre gerçekleştirilir. Maksimum kısa devre akımı hesabı için, aynı anda eş zamanlı olarak çalışabilen tüm generatörler ve motorların devrede olduğu durum dikkate alınmalıdır.

Bu bölümde örnek gemi elektrik sistemi için kısa devre analizi ETAP programı ile yapılacak ve yapılan analiz sonuçları değerlendirilecektir. Örnek gemi elektrik sisteminde farklı noktalardaki ve farklı gemi çalışma durumlarındaki kısa devre akımları hesaplanacaktır. Maksimum simetrik kısa devre akımı hesabı IEC 61363 standardına göre yapılacaktır.

Çizelge 5.3: Gemi çalışma durumlarına göre devrede olacak generatörler.

Generatör Tipi	Generatör Gücü	Generatör Adedi	Çalışma Durumu				
			Seyir	Liman	Manevra	Balık Avlama	Acil durum
Generatör1	1600kW	1	-	-	-	1	-
Generatör2	1060kW	1	-	1	-	1	-
Şaft Generatör	4000kW	1	1	-	1	-	-
Acildurum Generatörü	160kW	1	-	-	-	-	1

Farklı gemi çalışma durumlarında devrede olacak generatörler Çizelge 5.3’de gösterilmektedir. Farklı gemi çalışma durumları aşağıdaki gibi düşünülmüş olup, her bir çalışma durumu için ayrı ayrı kısa devre akım hesaplamaları ETAP programı kullanılarak yapılmıştır.

Çalışma durumu 1: Gemi elektrik sistemi için manevra durumu ele alındığında, şaft generatörü devrede, generatör 1 ve generatör 2 devrede değil, 150kVA 690/440V T2 transformatörü devrede, T1 transformatörü devrede değil, 145kVA 690/230V T6 transformatörü devrede, T3 transformatörü devrede değil, acil durum generatörü devrede değil, acil durum transformatörü devrede değil, baş pervane devrede, 690V ADTve 690V EDT dağıtım panoları arasındaki transfer hattı bağlı , 230V ADT ve

230V EDT dağıtım panoları arasındaki transfer hattı bağlı, aynı anda çalışabilen tüm AG motorların devrede olduğu düşünülerek tüm baralarda üç faz simetrik kısa devre akım hesabı yapılmıştır. Maksimum kısa devre akımları bulunmuştur. Çalışma durumu 1 için ETAP programı kısa devre analizi raporu Ek-D'dedir. Rapordan alınan verilere göre farklı noktalardaki kısa devre akım hesabı sonuçları çizelge 5.4'deki gibidir.

Çizelge 5.4: Çalışma durumu 1 için hesaplanan kısa devre akımları.

Sıra No	Arıza Yeri	Gerilim (V/Hz)	$I_{ac}(kA)$ $t=T/2$	$I_{dc}(kA)$ $t=T/2$	$I_p(kA)$ $t=T/2$
1	690VAC/60Hz ADT	690V/60Hz	46.01	55.66	120.72
2	690VAC/60Hz DT	690V/60Hz	21.47	0.77	31.13
3	690VAC/60Hz EDT	690V/60Hz	27.36	2.04	40.73
4	440VAC/60Hz ADT	440V/60Hz	4.25	1.14	7.15
5	440VAC/60Hz DT	440V/60Hz	3.84	0.65	6.09
6	230VAC/60Hz ADT	230V/60Hz	6.97	1.22	11.07
7	230VAC/60HzADT1.1	230V/60Hz	3.31	0.08	4.77
8	230VAC/60Hz EDT	230V/60Hz	4.32	0.17	6.27

Çalışma durumu 2: Gemi elektrik sistemi için balık avlama çalışma durumu ele alındığında, şaft generatörü devrede değil, generatör 1 ve generatör 2 devrede, 150kVA 690/440V T1 transformatörü devrede, 145kVA 690/230V T3 transformatörü devrede, acil durum generatörü devrede değil, acil durum transformatörü devrede değil, 690V ADT ve 690V EDT dağıtım panoları arasındaki transfer hattı bağlı, 230V ADT ve 230V EDT dağıtım panoları arasındaki transfer hattı bağlı, aynı anda çalışabilen tüm AG motorların devrede olduğu düşünülerek tüm baralarda üç faz simetrik kısa devre akım hesabı yapılmıştır. Maksimum kısa devre akımı bulunmuştur. ETAP programından alınan verilere göre farklı noktalardaki kısa devre akım hesabı sonuçları çizelge 5.5'deki gibidir.

Çizelge 5.5: Çalışma durumu 2 için hesaplanan kısa devre akımları.

Sıra No	Arıza Yeri	Gerilim (V/Hz)	$I_{ac}(kA)$ $t=T/2$	$I_{dc}(kA)$ $t=T/2$	$I_p(kA)$ $t=T/2$
1	690VAC/60Hz ADT	690V/60Hz	34.71	41.64	90.73
2	690VAC/60Hz DT	690V/60Hz	19.31	1.02	28.32
3	690VAC/60Hz EDT	690V/60Hz	23.42	2.72	35.83
4	440VAC/60Hz ADT	440V/60Hz	4.18	1.14	7.05
5	440VAC/60Hz DT	440V/60Hz	3.78	0.66	6.00
6	230VAC/60Hz ADT	230V/60Hz	6.86	1.23	10.92
7	230VAC/60HZ ADT1.1	230V/60Hz	3.28	0.08	4.72
8	230VAC/60Hz EDT	230V/60Hz	4.27	0.17	6.20

Çalışma durumu 3: Gemi elektrik sistemi için ana dağıtım panosundaki ana baranın ayrılması durumu ele alındığında şaft generatörü devrede, generatör 1 ve generatör 2 devrede, 150kVA 690/440V T2 transformatörü devrede, 145kVA 690/230V T6 transformatörü devrede, acil durum generatörü ve transformatörü devrede değil, 690V ADT ve 690V EDT dağıtım panoları arasındaki ve 230V ADT ve 230V EDT dağıtım panoları arasındaki transfer hattı bağlı, aynı anda çalışabilen tüm AG motorlar devrede olduğu düşünülerek tüm baralarda üç faz kısa devre akım hesabı yapılmıştır. ETAP programından alınan verilere göre kısa devre akım hesabı sonuçları çizelge 5.6'deki gibidir.

Çizelge 5.6: Çalışma durumu 3 için hesaplanan kısa devre akımları.

Sıra No	Arıza Yeri	Gerilim (V/Hz)	$I_{ac}(kA)$ $t=T/2$	$I_{dc}(kA)$ $t=T/2$	$I_p(kA)$ $t=T/2$
1	690VAC/60Hz ADT A	690V/60Hz	28.76	36.23	76.91
2	690VAC/60Hz ADT B	690V/60Hz	34.93	46.08	95.48
3	690VAC/60Hz DT	690V/60Hz	18.02	1.29	26.77
4	690VAC/60Hz EDT	690V/60Hz	21.08	3.36	33.16
5	440VAC/60Hz ADT	440V/60Hz	4.17	1.14	7.04
6	440VAC/60Hz DT	440V/60Hz	3.78	0.66	6.00
7	230VAC/60Hz ADT	230V/60Hz	6.97	1.22	11.07
8	230VAC/60HZ ADT1.1	230V/60Hz	3.33	0.08	4.79
9	230VAC/60Hz EDT	230V/60Hz	4.33	0.17	6.30

Çalışma durumu 4: Gemi elektrik sistemi için acil durum çalışma durumu ele alındığında şaft generatörü devrede değil, generatör 1 ve 2 devrede değil, acil durum generatörü ve transformatörü devrede, aynı anda çalışabilen acil durum motorlarının (yangın pompası, dümen sistemi pompası 2, hava kompresörü, makine dairesi fanlar) devrede olduğu düşünülerek tüm baralarda üç fazlı kısa devre akım hesabı yapılmıştır. Acil durum dağıtım tablosu için maksimum kısa devre akımı bulunmuştur. ETAP programından alınan verilere göre farklı noktalardaki kısa devre akım hesabı sonuçları çizelge 5.7’deki gibidir.

Çizelge 5.7: Çalışma durumu 4 için hesaplanan kısa devre akımları.

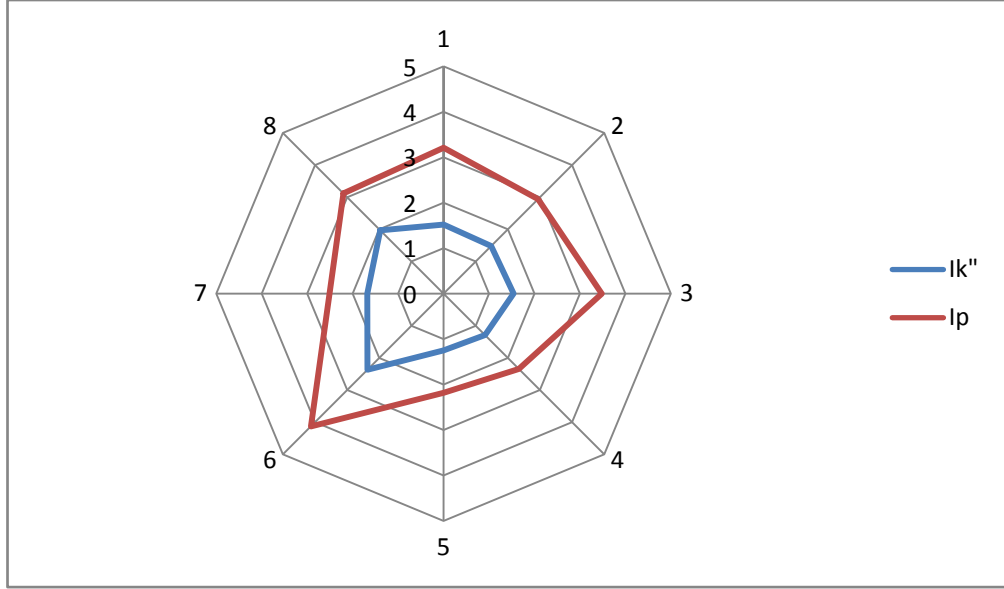
Sıra No	Arıza Yeri	Gerilim (V/Hz)	$I_{ac}(kA)$ $t=T/2$	$I_{dc}(kA)$ $t=T/2$	$I_p(kA)$ $t=T/2$
1	690VAC/60Hz EDT	690V/60Hz	1.97	1.56	4.35
2	230VAC/60Hz EDT	230V/60Hz	2.74	0.68	4.56

Çalışma durumu 5: Gemi elektrik sistemi için acil durum generatörünün devrede olduğu durum ele alındığında şaft generatörü devrede değil, generatör 1 ve 2 devrede değil, acil durum transformatörü devrede değil, 150kVA 690/440V T2 ve 145kVA 690/230V T3 transformatörü devrede, aynı anda çalışabilen tüm motorlar devrede değil olduğu düşünülerek tüm baralarda iki fazlı kısa devre akım hesabı yapılmıştır. Acil durum ve ana dağıtım tablosu için minimum kısa devre akımı bulunmuştur. ETAP programından alınan verilere göre farklı noktalardaki kısa devre akım hesabı sonuçları çizelge 5.8’deki gibidir.

Çizelge 5.8: Çalışma durumu 5 için hesaplanan kısa devre akımları.

Sıra No	Arıza Yeri	Gerilim (V/Hz)	$I_k''(kA)$	$I_b(kA)$	$I_p(kA)$
1	690VAC/60Hz ADT	690V/60Hz	1.52	1.52	3.21
2	690VAC/60Hz DT	690V/60Hz	1.48	1.48	2.94
3	690VAC/60Hz EDT	690V/60Hz	1.54	1.54	3.48
4	440VAC/60Hz ADT	440V/60Hz	1.29	1.29	2.34
5	440VAC/60Hz DT	440V/60Hz	1.25	1.25	2.18
6	230VAC/60Hz ADT	230V/60Hz	2.37	2.37	4.13
7	230VAC/60HZ ADT1.1	230V/60Hz	1.68	1.68	2.51
8	230VAC/60Hz EDT	230V/60Hz	1.97	1.97	3.12

Çalışma durumu 5'e göre belirlenen minimum kısa devre akımı selektiviteyi belirlemek için ve koruma rölelerinin boyutlandırılması için kullanılmaktadır. Elde edilen 2 fazlı minimum kısa devre akımları şekil 5.2 radar görünüm olarak sunulmuştur.



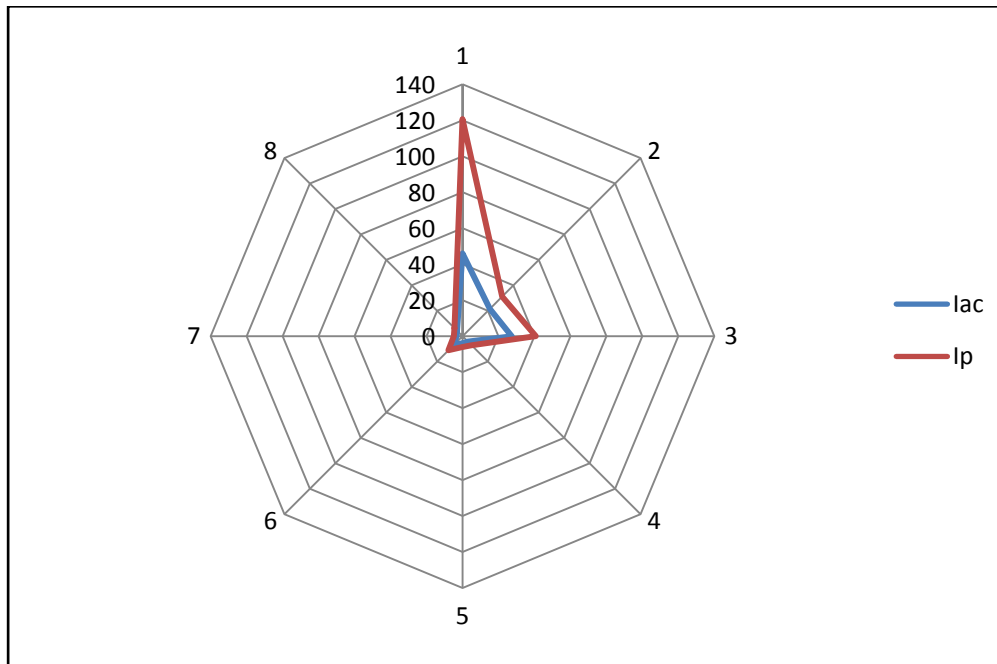
Şekil 5.2: Hesaplanan 2 fazlı minimum kısa devre akımları radar görünümü.

Örnek gemi elektrik sisteminde farklı noktadaki ve farklı gemi çalışma durumlarındaki kısa devre akımlarının AC bileşenleri, DC bileşenleri ve tepe değerleri yukarıdaki çizelgelerde görülmektedir. Maksimum kısa devre akımı örnek gemi elektrik sistemi için manevra çalışma durumunda 690VAC ana barada oluşmaktadır. Beklendiği gibi ana baradan uzak arıza noktalarındaki kısa devre akımları ana baraya yakın arıza noktalarındaki kısa devre akımlarından daha küçüktür. Dört farklı çalışma durumuna göre maksimum kısa devre akımları hesaplanmıştır. İlk dört farklı çalışma durumu için ETAP programından elde edilen kısa devre akımı analiz sonuçları kullanılarak, baralara ait maksimum kısa devre akımları göz önüne alındığında çizelge 5.9 oluşturulmuştur. Herbir baraya ait kısa devre akımlarının AC bileşenleri, DC bileşenleri ve tepe değerleri listelenmiştir. Çizelge 5.9'daki herbir baraya ait kısa devre akımı AC bileşenleri ve tepe değerleri kullanılarak, koruma elemanlarının uygun açma ve kapama kapasiteleri belirlenebilir.

Çizelge 5.9: Hesaplanan maksimum kısa devre akımları.

Sıra No	Arıza Yeri	Gerilim (V/Hz)	$I_{ac}(kA)$ $t=T/2$	$I_{dc}(kA)$ $t=T/2$	$I_p(kA)$ $t=T/2$
1	690VAC/60Hz ADT	690V/60Hz	46.01	55.66	120.72
2	690VAC/60Hz DT	690V/60Hz	21.47	0.77	31.13
3	690VAC/60Hz EDT	690V/60Hz	27.36	2.04	40.73
4	440VAC/60Hz ADT	440V/60Hz	4.25	1.14	7.15
5	440VAC/60Hz DT	440V/60Hz	3.84	0.65	6.09
6	230VAC/60Hz ADT	230V/60Hz	6.97	1.22	11.07
7	230VAC/60HZ ADT1.1	230V/60Hz	3.31	0.08	4.77
8	230VAC/60Hz EDT	230V/60Hz	4.32	0.17	6.27

Elde edilen 3 fazlı maksimum kısa devre akımları şekil 5.3'deki gibi radar görünüm olarak sunulmuştur.



Şekil 5.3 : Hesaplanan 3 fazlı maksimum kısa devre akımları radar görünümü

5.1.4 Koruma elemanları seçimi

Kısa devre akım hesabının ana amacı sistemdeki belirli noktalarda kısa devre akımını belirlemek ve kısa devre akım kapasitesine uygun koruma elemanlarını seçmektir. Gemideki elektrik sisteminde oluşan kısa devre akımları oldukça büyüktür. Elektrik sisteminde nominal kısa devre kapama kapasitesi, nominal kısa devre açma kapasitesi, nominal çalışma gerilimi koruma elemanını belirleyen değerlerdir. Ana

dağıtım tablosunda termik-manyetik kompakt tip ve açık tip şalterler kullanılacaktır. Ana şalterler çekmeceli tipte ve motor mekanizmalı olacaktır.

Sistemdeki koruma elemanlarının kısa devre kesme kapasitesi (I_{cu}) ve kısa devre kapama kapasitesi (I_{cm}) için hesaplanan kısa devre akımlarına bakılacaktır. Çizelge 5.9 kullanılarak hesaplanan kısa devre akımı $I_{ac}(t)$ ve $I_p(t)$ değerlerine göre koruma elemanlarının uygun açma ve kapama kapasiteleri belirlenmiştir.

440VAC, 230VAC baralarına direkt bağlı olan şalterlerin ilgili baralardaki kısa devre akımına dayanması gerekmektedir. 690VAC ana baraya direkt bağlı şalterlerin ana barada meydana gelebilecek maksimum kısa devre akımına dayanması gerekmektedir. Çizelge 5.10'da seçilen termik-manyetik şalterlerin kısa devre akım kapasiteleri verilmiştir.

Çizelge 5.10: Seçilen termik-manyetik şalterlerin kısa devre akım kapasiteleri

Sıra No	Arıza Yeri	Gerilim (V/Hz)	$I_{cu}(kA)$	$I_{cm}(kA)$
1	690VAC/60Hz ADT	690V/60Hz	85	187
2	690VAC/60Hz DT	690V/60Hz	45	90
3	690VAC/60Hz EDT	690V/60Hz	45	90
4	440VAC/60Hz ADT	440V/60Hz	35	70
5	440VAC/60Hz DT	440V/60Hz	20	40
6	230VAC/60Hz ADT	230V/60Hz	20	-
7	230VAC/60HZ ADT1.1	230V/60Hz	20	-
8	230VAC/60Hz EDT	230V/60Hz	20	-

690VAC ADT barasında hesaplanan maksimum arıza akımı 46.01kA ve arıza akımı tepe değeri 120.72kA olup, seçilecek şalter açma kapasitesi için $I_{ac}(t)$ 'ten, kapama kapasitesi için $I_p(t)$ 'den büyük değerde şalter seçilir. Bu örnek projede 690VAC ADT barası için açma kapasitesi 85kA, kapama kapasitesi 187kA seçilmiştir. Diğer baralar için de hesaplanan $I_{ac}(t)$ ve $I_p(t)$ değerlerinden yüksek akım değerinde açma ve kapama kapasiteli şalterler seçilmiştir. Uygun firma kataloğundan seçilen termik-manyetik şalterler ile ilgili detaylar Ek-E'de verilmiştir. Ayrıca hesaplamalarda kullanılan IEC 61363 standardı Ek-F'de yer almaktadır.

6. SONUÇ

Gemi elektrik güç sisteminin belirlenmesi öncelikli olarak geminin tipine, görev kabiliyetine ve ana tahrik sistemine bağlıdır. Söz konusu faktörler gemi elektrik sisteminin yapısını etkilemektedir. Konteyner gemileri, kargo gemileri, kimyasal tankerler, yolcu gemileri, balıkçı gemileri olmak üzere pekçok farklı gemi tipi bulunmaktadır. Farklı gemi tipleri farklı elektrik ihtiyaçlarına sahiptir.

Gemi elektrik güç sistemi genellikle birkaç dizel generatör seti, ana pano, acil durum generatörü, acil durum panosu, yük dağıtım panelleri ve çeşitli yüklerden oluşmaktadır. Tüm geminin elektrik sisteminin tasarımı için ana tablo tasarımını sağlamak gerekmektedir. Elektrik enerjisi gemideki her bir tüketiciye ana dağıtım tablosundan dağıtılır. Gemilerin büyük çoğunluğunda AC dağıtım sistemi tercih edilmektedir. Gemi elektrik sistemi için çalışmalara yük analizi ile başlanır ve talep edilen güç bulunur, gerekli generatör, transformatör kapasiteleri belirlenir. Ana dağıtım tablosundaki kısa devre akımları hesaplanır. Kısa devre akımı hesapları gemi elektrik sistemi tasarımı için önemli ve gereklidir. Maksimum ve minimum kısa devre akımları hesaplanır. Maksimum kısa devre akımı paralel çalışabilen tüm generatörlerin devrede olduğu ve aynı anda çalışabilen tüm motorların devrede olduğu durumda hesaplanır. Sonuçta elde edilen kısa devre akımı genellikle uygun değerde koruma elemanı seçiminde kullanılır. Sigortalar ve termik-manyetik şalterler sistemi arıza akımlarından koruyan başlıca elemanlardır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında AG dağıtım sistemi olan bir balıkçı gemisi incelenmiştir. Ele alınan gemi için, yük akış analizleri ve kısa devre akım hesapları yapılmıştır. Bu hesaplamalarda kullanılan veri ve parametreler gerçek değerlerdir. Yük akış analizleri ve kısa devre akım hesaplamaları ETAP programıyla gerçekleştirilmiştir. Farklı noktalarda ve farklı çalışma durumlarına göre kısa devre akımı hesaplamaları yapılmış, yeterli sonuçlar elde edilmiştir. Maksimum ve minimum kısa devre akımları incelenmiştir. Sistemin güvenli bir şekilde çalışması

için, elde edilen kısa devre hesap sonuçlarına göre uygun firma kataloglarından uygun kapasiteli termik-manyetik şalterler belirlenmiştir.

Gemi elektrik sisteminin tasarımı dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Sistemdeki kısa devre akımlarını azaltmak için tüm olası önleyici tedbirler planlanmakta ve değerlendirilmektedir. Bir gemide herhangi bir arıza durumunda geminin sevk ve tahrik sisteminin faal kalması istenir. Kısa devre analizinde sistemde farklı çalışma durumlarında arıza akımları hesaplanır ve arızalı bölgeyi sistemden izole edecek şekilde uygun kapasiteli koruma elemanları belirlenir. Koruma elemanları, gemi güç sisteminde bir arıza olduğunda, arızalı bölgeyi sistemin kalan kısmından izole edebilmeli ve geminin güvenilirliğini ve hayati öneme sahip yüklerin çalışmaya devam etmesini sağlamalıdır. Gemi güç sisteminde herhangi bir arıza durumunda, topraklama, kısa devre vb. gibi, arızanın gemi güç sisteminin diğer bölgelerine yayılmasını engellemek için güç sistemindeki arızalı bölge ayrılmak zorundadır. Arızalı kısmın sistemden ayrılması sağlanamazsa, diğer yüklerde, kablolarda, termik-manyetik şalterlerde ve diğer güç kaynaklarında felaket arızalar meydana gelebilmektedir. Böylece arızadan kaynaklı hasar ve masraf oldukça büyük boyutlara ulaşır.

Koruma elemanları, bir kısa devre durumunda oluşan dinamik ve termik yüklere dayanabilecek ve hesaplanan kısa devre akımını güvenli bir şekilde kesebilecek kapasitede olmalıdır. Eğer kısa devre analizindeki bir yanlışlıktan dolayı daha düşük açma kapasiteli bir koruma elemanı belirlenirse, gemide en ciddi tehlike olan yangına sebep olması muhtemeldir. Bu durum, geminin seyir güvenliğini, yolcu ve mürettebatın güvenliğini tehlikeye sokacaktır. Sistemin kısa devre kesme kapasitesine uygun koruma elemanı seçilmemesi halinde can kaybı, yangın, enerji kesintisi, cihazların zarar görmesi, arızaların artması gibi bir çok olumsuz ve kötü sonucun oluşacağı aşîkardır. Kısa devre analiz sonuçlarının doğruluğu koruma elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde oldukça etkilidir. Daha az yatırım maliyetiyle seçilen uygun koruma elemanı arıza akımlarını güvenli bir şekilde kesecektir.

AG dağıtım sistemi için kısa devre akım hesapları sonucu elde edilen değerler baz alınarak pano tasarımı da yapılabilecek farklı bir çalışmadır. Gemilerin çoğunda 440V 60Hz kullanılmaktadır. Gemilerdeki elektrik gücü ihtiyacı arttıkça, alçak gerilim dağıtım sistemindeki akım değerleri de büyümektedir. Arıza akım

seviyelerini azaltmak için dağıtım sistemi gerilim seviyesinin büyütülmesi gerekmektedir. Çok büyük elektrik yükü olan gemilerde 3.3kV, 6.6kV ve 11kV gibi orta gerilim seviyelerinde çalışan generatörler bulunmaktadır. Orta gerilim seviyeleri akım değerlerini azaltacağı ve böylece seçilecek kablo ve gerekli ekipmanların boyutlarını azaltacağı için ekonomik olarak gereklidir. Bu şekilde orta gerilim seviyelerinin kullanımı gemi boyutları ve görevleri arttığı sürece daha fazla yaygınlaşacaktır. Daha büyük elektrik yüküne sahip OG dağıtım sistemi olan gemiler için bu tezdekine benzer çalışmalar yapılabilir. Gemilerde OG projeleri henüz ülkemizde çok yaygın değildir, fakat giderek yaygınlaşmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] **Eralp, F.**, 1987. *Gemi Elektriği-2 Teori ve Uygulama*, İ.T.Ü. Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [2] **Hall, D.T.**, 1999. *Practical Marine Electrical Knowledge*, Witherby Publishers, London.
- [3] **Chen, H.**, 2000. On the Effect of Short Circuit Parameter of Synchronous Generator On Short Circuit Current of Ship's Electric System, *Ship&Boat International*, 6, 45-49.
- [4] **Su, C.L., Lin, C.Y. ve Lee, C.C.** (2012). A Systematic Approach for Calculating Short Circuit Currents for Commercial Vessels, *IEEE 48th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference*.
- [5] **Wang, P.** (2005). Calculation of Short Circuit Current for Marine Electric Power System, *Ship&Boat International*, 1, 39-42.
- [6] **Su, C.L. ve Lin, C.Y.** (2010). Comparative Analysis of Short Circuit Current Calculation Standards for Ships, *Journal of Taiwan Society of Naval Architects and Marine Engineers*, 29(1), 19-31.
- [7] **ABB.** (2011). Generalities On Naval Systems and Installations On board, *ABB Technical Application Papers No.12*, Italy.
- [8] **Adnanes, A.K.** (2003). Maritime Electrical Installations And Diesel Electric Propulsion, *ABB AS Marine*, Oslo.
- [9] **Shi, W., Tang, T. ve Yang, J.**(2004). Simulation of A Large Marine Container Ship Power System, *SICE Annual Conference*, Japan, 39-44.
- [10] **Yao G., Lebret, G., Ait-Ahmed M., Kvieska, P.-N. ve Tang, T.**(2009). An Onboard Electrical Network Platform – Modeling & Simulation, *American Control Conference*, USA, 2761-2766.
- [11] **Yağmur, E.A.**(2001).Elektrikli Gemi ve Enerji Sistemi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12] **Sorensen, A.J.**(2012).Marine Control Systems Lecture Notes, *Department of Marine Technology Norwegian University of Science and Technology*, Report UK-12-76.
- [13] **Ünsan,Y.** Gemi Elektriği Ders Notu, *İ.T.Ü Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi*.
- [14] **Valkeearvi, K.**(2006). The Ship's Electrical Network, Engine Control and Automation, *Wartsila Corporation*, Marine Technology.
- [15] **Patel, M.R.**(2012).*Shipboard Electrical Power Systems*, CRC Press, New York.

- [16] **IEEE Std 45.**(2002). Recommended Practice for Electrical Installations On Shipboard, *IEEE Industry Applications Society*.
- [17] **IEC 60909-0.**(2001).Short Circuit Currents In Three - Phase A.C. Systems - Part 0 : Calculation of Currents.
- [18] **ETAP 12.6.**(2014).Product Description, Chapter 1.
- [19] **ETAP 12.6.**(2014).One-Line Diagram, Chapter 9.
- [20] **ETAP 12.6.**(2014).Load Flow Analysis, Chapter 19.
- [21] **ETAP 12.6.**(2014).Short-Circuit Analysis, Chapter 15.

EKLER

EK A: Türk Loydu Elektrik Kuralları Bölüm 4 Güç Dağıtımı ve Koruma

EK B: Türk Loydu Elektrik Kuralları Bölüm 5 Alçak Gerilim Açma-Kapama Elemanları

EK C: Gemi elektrik güç sistemi elemanlarına ait parametreler

EK D: Çalışma durumu 1 ETAP programı kısa devre analizi raporu

EK E: Seçilen termik-manyetik şalterler ile ilgili detaylar

EK F: IEC 61363 Standardı

EK A : Türk Loydu Elektrik Kuralları Bölüm 4 Güç Dağıtımı ve Koruma

BÖLÜM 4

GÜÇ DAĞITIMI VE KORUMA

	Sayfa
A. ÜÇ FAZLI ANA JENERATÖRLER.....	4-2
1. Genel	
2. Koruma Teçhizatı	
3. Açma Kapama Elemanları	
4. Senkronizasyon Teçhizatı	
B. ÜÇ FAZLI EMERGENSİ JENERATÖRLER.....	4-4
1. Koruyucu Teçhizat ve Açma-Kapama Teçhizatı	
2. Aşırı Yükün Dağıtılması	
C. DOĞRU AKIM JENERATÖRLERİ.....	4-4
1. Bağımsız Çalışma	
2. Paralel Çalışma	
D. GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİ.....	4-4
E. AKÜMÜLATÖRLER.....	4-5
F. GÜÇ ELEKTRONİĞİ TEÇHİZATI.....	4-5
G. SAHİLDEN BESLENME.....	4-5
H. TÜKETİCİ KORUMA TEÇHİZATI.....	4-5
1. Genel	
2. Nihai Besleme Devreleri	
I. GÜÇ DAĞITIMI.....	4-6
1. Elektrik Besleme Sistemleri	
2. Üç Fazlı Sistemlerde Yük Dengelemesi	
3. Ana Besleme Kabloları	
4. Emercensi Besleme Kabloları	
5. Aydınlatma Sistemlerinin Beslemesi	
6. Seyir ve İşaret Fenerleri	
7. Kumanda, İzleme ve Gemi Güvenlik Sistemleri	
8. Emercensi Durdurma Teçhizatı	
9. Telsiz ve Seyir Teçhizatı	
10. Ses Sinyal Sistemi	

A. Üç Fazlı Ana Jeneratörler**1. Genel**

Ana jeneratörler tek tek veya paralel olarak ilgili ana tabloları beslerler.

1.1 Bağımsız çalışma

Bağımsız çalışma, her jeneratörün kendisine ait barayı beslemesi anlamına gelir. Bu sistem uygulandığında tüketicilerin veya tüketici gruplarının seçici şalterler yardımıyla en az iki ayrı bara sisteminden veya iki ayrı jeneratörden beslenebilmeleri mümkün olmalıdır.

1.2 Paralel çalışma

Paralel çalışmada, jeneratörler ana tablo içerisindeki ortak bir bara sistemini beslerler. Tüketici beslemeleri bu bara sistemine bağlıdır.

2. Koruma Teçhizatı**2.1 Genel**

2.1.1 Jeneratörler en az kısa devrelere ve aşırı yüklenmelere karşı korunmalıdır.

2.1.2 Jeneratörlerin koruma teçhizatı, korunacak jeneratörün açma-kapama donanımı alanında düzenlenmeli ve jeneratör tarafından beslenmelidir.

2.1.3 Kısa devre koruma ve aşırı yük koruma teçhizatı, her topraklı iletken için sağlanmalıdır.

2.2 Kısa devre akımına karşı koruma

2.2.1 Kısa devre akımına karşı koruma, %50 nin üzerinde fakat kalıcı kısa devre akımından daha küçük bir aşırı akıma ayarlanmalıdır (tercihen $2,8 \times I_n$). Sistemin selektivitesine uygun olarak kısa bir gecikme süresi olmalıdır (300-500 milisaniye).

2.2.2 Kısa devre akımına karşı koruma teçhizatı, gerilim düşmesi nedeniyle çalışamaz duruma gelmemelidir.

2.2.3 1500 kVA ve üzerinde nominal gücü olan

jeneratörler; jeneratörde veya jeneratör ile devre-kesicisi arasındaki kabloda bir kısa devre olduğunda, devre kesicisini açan ve jeneratörün enerjisini kesen uygun bir koruma düzeni ile teçhiz edilmelidir.

Uygun koruma düzenine örnekler; diferansiyel koruma veya jeneratör-nötr noktası izlenmesidir.

2.3 Aşırı yük koruması

2.3.1 %10 ile %50 arasında bir aşırı akım değerine ayarlanması gereken aşırı yük koruması jeneratör devre kesicisini 2 dakikadan fazla olmayan bir sürede devreden çıkarmalıdır. Aşırı akımın %50'nin üzerinde bir değere ayarlanmasına ancak çalışma şartları gerektirdiğinde ve jeneratör karakteristikleri uygun ise müsaade edilir. Aşırı yük koruması jeneratörün tekrar devreye alınmasında engel teşkil etmemelidir.

2.3.2 Devreden çekilen yük akımı jeneratör nominal akımına ulaştıktan 5 sn. sonra, bir ikaz sinyali vererek, ikincil tüketicileri ve gerekirse ikincil teçhizatı otomatik olarak devreden çıkaran bir düzenin kurulması tavsiye edilir.

Yolcu gemileri ile makina daireleri personelsiz olan gemilerde, ikincil tüketicilerin otomatik olarak devre dışına çıkarılması zorunludur.

2.4 Ters güce karşı koruma

2.4.1 Çıkış gücü 50 kVA'nın üzerinde olan ve paralel çalışmak amacıyla tasarlanmış jeneratörler, gecikmeli ters-güç tripi ile korunmalıdır.

2.4.2 Koruma elemanları tahrik makinasının karakteristiklerine uygun olarak seçilmeli ve ayarlanmalıdır. Ayar sahaları, zaman gecikmesi 2 ile 5 saniye arasında olmak üzere, turbo-jeneratörlerde, nominal çıkış gücünün %2-%8'sı, dizel jeneratörlerde ise %8-%15'i arasında olmalıdır.

Mümkün olan hallerde, koruma elemanları tahrik makinasının çekme gücünün %50'sine ayarlanmalıdır. Gerilim, nominal değer %50'sine düştüğü zaman, ters akıma karşı koruma elemanları, bu sınırlar içinde etkili olarak çalışmalıdır.

2.5 Düşük gerilime karşı koruma

Jeneratörün devre kesicisi, düşük gerilim kesme sistemi ile donatılmalıdır. Gerilim, nominal değerinin %70-%35'ine düştüğü zaman, jeneratörün devre kesicisi, otomatik olarak açmalıdır. Düşük gerilime karşı korumanın gecikme zamanı, kısa devre koruması kadar olmalıdır.

2.6 Aşırı gerilime karşı koruma

Gemi elektrik devresi aşırı gerilime karşı korunacaktır. Gerilim, %130 U_N ve maksimum 5 sn. ile sınırlı olacaktır.

2.7 Düşük frekansa karşı koruma

2.7.1 %10'dan fazla devamlı frekans düşümü olması halinde, ikincil tüketiciler ve gerekirse ikincil teçhizat 5-10 sn. içinde devre dışına çıkmalıdır. Bu normal çalışma koşullarının sağlanmasına yeterli olmazsa, yedek ünitenin devreye girmesini teminen devredeki jeneratör güç beslemesinden çıkarılacaktır.

2.7.2 Şaft jeneratörlerinin, düşük frekans durumunda devre dışına alınması için, Bölüm 3, B.4'e göre koruma sağlanmalıdır.

2.8 Testler

Jeneratör koruma düzenleri, zorunlu tip testlerine tabidir.

3. Açma Kapama Elemanları

3.1 Genel

3.1.1 Topraklanmamış her iletken, açma-kapama düzenine sahip olmalı ve kısa devre ve aşırı yüklerle karşı korunmalıdır.

3.1.2 Jeneratör ana şalteri, aşırı akımdan dolayı açtıktan sonra, yeniden derhal devreye alınması için hazır olmalıdır. Ana tüketicileri beslemek için kullanılan jeneratörlerin devrelerinde çift-metalli termik elemanların kullanılmasına izin verilmez.

3.1.3 Jeneratör devre kesicisi, bir kısa devreden dolayı açmasından sonra otomatik olarak tekrar kurulmasını engelleyen bir sisteme sahip olmalıdır.

3.1.4 Birincil ana tüketicileri besleyen devredeki kontaktörlerin dizaynında alçak gerilim anahtarlama elemanları IEC 60947-4-1 "Tip 2" ye uygun olarak ölçülendirilecektir.

3.1.5 Personel güvenliği sağlanmış ve elektrik sistemlerinin seçici koruması seri olarak cihazlar tarafından garanti edilmiş ise, ikincil ve daha az öneme sahip tüketicileri besleyen alçak gerilim anahtarlama elemanları IEC 60947-4-1 "Tip 1" e uygun olarak ölçülendirilebilir.

3.2 Bağımsız çalışma

Aşağıda belirtilen teçhizat sağlanmalıdır:

3.2.1 Zaman gecikmeli aşırı akım ve kısa zaman gecikmeli kısa devre tripli üç kutuplu bir devre kesici.

3.2.2 Nominal gücü 50 kVA'dan küçük olan jeneratörler için sigorta ve yük şalterine veya kontaktörlü sigortalara da izin verilir.

Kullanılabilecek her jeneratör kontaktörü bir gecikme süresine sahip olmalı (500 ms.'ye kadar) ve nominal akım değeri, jeneratör akımının iki katı olmalıdır.

3.3 Paralel çalışma

Aşağıda belirtilen teçhizat sağlanmalıdır:

3.3.1 Her jeneratör için gecikmeli aşırı akım tripli ve kısa zaman gecikmeli kısa devre ve düşük gerilim tripli bir üç kutuplu devre kesici.

3.3.2 Paralel olarak çalışması öngörülen jeneratörlerin şalterlerinde, jeneratör çalışmaz durumda iken şalterinin kapanmasını önleyici düşük gerilim koruması bulunmalıdır.

3.3.3 Bir tekil hata, senkronizasyon devresinde veya karartma izlemede uyumsuz bir bağlantıya yol açmayacaktır.

4. Senkronizasyon Teçhizatı

Paralel çalışması öngörülen jeneratörler, 4.1 ve 4.2'ye göre senkronizasyon düzeni ile teçhiz edilmelidir.

4.1 Hatalı senkronizasyonu önleme teşhizatı

Paralel çalışması öngörülen jeneratörlerde, otomatik senkronizasyon teşhizatı bulunmalıdır. Otomatik teşhizat yerine, yarı otomatik kontrol senkronizerli el kumandalı senkronizasyon teşhizatı bulunabilir. Hatalı senkronizasyonun önlenmesi için, Bölüm 20, E 4.8'deki koşullara uyulmalıdır.

4.2 El kumandalı senkronizasyon

4.1'de belirtilen teşhizatın arıza yapması durumunda, el kumandalı senkronizasyon (jeneratör şalteri çalıştırma konumu görme alanı içine konulmuş sönen ışık yöntemli senkronizasyon) mümkün olmalıdır.

B. Üç Fazlı Emercensi Jeneratörler

Emercensi jeneratörler, emercensi tabloyu ve ona bağlı emercensi tüketicileri beslerler.

1. Koruyucu Teşhizat ve Açma-Kapama Teşhizatı

Jeneratör korumasında asgari aşağıdakiler sağlanacaktır:

- Kısa devre koruması
- Aşırı yük koruması
- Düşük voltaj koruması

Bununla beraber, jeneratörün aşırı yüke karşı koruma sisteminin, jeneratörü otomatik olarak devre dışı bırakması yerine, ana ve emercensi tablolarında sesli ve ışıklı sinyaller vasıtasıyla alarm vermesine müsaade edilir.

2. Aşırı Yükün Dağıtılması

Emercensi jeneratör aşırı yüklenmiş ise, emercensi tablodan geçici olarak beslenmekte olan, emercensi tüketiciler dışındaki diğer tüketiciler devre dışı kalarak, emercensi devrelerin beslenmesini sağlamalıdır.

C. Doğru Akım Jeneratörleri**1. Bağımsız Çalışma**

Bağımsız çalışma için aşağıdaki teşhizatlar sağlanmalıdır:

1.1 Her jeneratör için gecikmeli aşırı akım tripli ve kısa zaman gecikmeli kısa devre tripli veya yeterli kesme kapasitesine sahip, yük altında yayla kurulabilen anahtar ve kutupları topraklanmamış sigortadan oluşan, bütün topraklanmamış kutupları aynı zamanda açma-kapama yapabilen devre kesicisi.

1.2 Devre kesiciler daima çıkış gücü 50 kW ve üzerinde olan jeneratörler için kullanılmalıdır.

2. Paralel Çalışma

Paralel çalışma için aşağıdaki teşhizat sağlanmalıdır:

2.1 Her jeneratör için gecikmeli aşırı akım trip ve kısa zaman gecikmeli kısa devre tripi ile birlikte ters akım tripli ve kısa zaman gecikmeli düşük gerilim korumalı, bütün topraklanmamış kutupları aynı zamanda açma-kapama yapabilen devre kesici.

2.2 Kompaund jeneratörlerde anahtar, eşpotansiyel devre için bir anahtarlama elemanını da içermelidir. Bu eleman devre kapandığı anda veya daha önce devreye girmeli, devre açıldığında ise veya daha sonra açılmalı ve akım kapasitesi en az nominal akımın yarısı kadar olmalıdır.

2.3 Her jeneratör için kutup değiştirme olanağı sağlanmalıdır.

D. Güç Transformatörleri

1. Paralel çalışma için tasarlanmış transformatörler, yüklenmeye devam ettikleri sürece, her transformatör kendisine düşen oransal paydan, nominal gücünün %10'undan daha fazla yüklenmemelidir.

Her bir transformatörün ayrı bir unite olarak eşdeğer ayrı muhafaza ile yerleştirilmesi istenir ve primer ve sekonder taraflarındaki devrelerin ayrılmış olması gerekmektedir.

Her primer devrenin her fazında, devre açma-kapama elemanı ile koruma elemanları bulunacaktır.

Her sekonder devrede çok kutuplu izolasyon şalteri bulunacaktır. Baş iticiyi besleyen transformatörler hariç.

2. Güç transformatörlerinde, aşırı yük ve kısa devre koruması sağlanmalıdır. Transformatörler paralel bağlandığında, primer tarafındaki koruyucu teçhizatın açması ile sekonder tarafındaki şalter de otomatik olarak açmalıdır.

Geri beslemenin mümkün olduğu sistemlerde, transformatörlerin hem primer hem de sekonder taraflarında şalter bulunmalıdır.

E. Akümülatörler

Bölüm 2, C dikkate alınacaktır.

F. Güç Elektroniği Teçhizatı

1. Güç Elektroniği teçhizatı, aşırı yüklenmeye ve kısa devreye karşı korunmalıdır.

2. Emercensi tüketicileri emercensi akümülatörlerden besleyen inverterler sürekli çalışma esasına göre dizayn edilmelidir.

G. Sahilden Besleme

1. Sahil beslemeye ait bağlantı kutuları sabit döşenmiş kablolarla gemi sistemine bağlanmalıdır.

2. Gerekli takdirde, koruyucu bir iletkenin veya bir potansiyel dengeleyicinin bağlantısı ile ilgili düzen sağlanmalıdır.

3. Sahil besleme, sadece ana jeneratörlerin şalterleri devreden çıktığı zaman mümkün olmalıdır. Yük aktarımı amacıyla, geminin güç besleme sistemi ile sahil beslemesinin kısa süreli paralel çalışmasına izin verilir.

4. Sahil besleme devresi şalterli olmalı ve kısa devreye ve aşırı yüklenmeye karşı korunmalıdır.

Sahil besleme bağlantı kutusunda, asgari olarak, kısa devreye karşı koruma sağlanacaktır.

5. Ana tablo üzerinde, sahil bağlantı devresine ait bir gerilim göstergesi bulunmalıdır.

6. Sahil besleme bağlantısının polaritesinin (doğru akımda) ve faz sırasının (üç fazlı alternatif akımda) gemi devresi ile karşılaştırılmasını sağlayan düzenler bulunmalıdır.

7. Sahil bağlantı kutusu üzerinde aşağıdaki bilgileri içeren bir etiket bulunmalıdır; gerilim sistemi ve nominal gerilim, ayrıca alternatif akım ise frekansı.

H. Tüketici Koruma Teçhizatı

1. Genel

1.1 Koruma teçhizatı, bir kısa devre durumunda selektivite muhafaza edilecek şekilde seçilmeli ve jeneratör koruması ile koordine edilmelidir. Gerekirse, kanıtlar doğrulanmalıdır.

1.2 Dağıtım devresindeki her topraklanmamış iletken aşırı yüklenmeye ve kısa devreye karşı korunmalıdır.

1.3 3 fazlı sistemin tekenden izole edildiği durumlarda, tüm fazların ayrılması sağlanmışsa, aşırı akıma karşı koruma sadece 2 iletkenle yapılabilir.

2. Nihai Besleme Devreleri

2.1 Motor koruma anahtarlı devre kesiciler

Kendi aşırı yüklenme koruması bulunan tek bir alıcıyı besleyen bir devrede, sadece kısa devre korumasının giriş noktasında olmasına müsaade edilebilir. Bu tip besleme devrelerinde sürekli çalışma için seçilecek sigorta akımı, tüketicinin nominal akımının iki kademe üstünde seçilebilir. Kısa süreli veya aralıklı çalışma için sigorta akımı tüketici nominal akımının %160'ından fazla olmamalıdır. Anahtarlar sigorta nominal akımlarına uygun olarak seçilmelidir.

2.2 Devre kesicileri kullanılıyor ise, kısa devre kesme akımı, tüketici nominal akımının en fazla 15 katına

kadar ayarlanabilir, ancak ilgili devrenin başlangıç kısa devre akımının minimum değerinden yüksek olmamalıdır. Dömen donanımı için Bölüm 7, A'ya bakınız.

2.3 Gerekli olduğu hallerde, devre kesiciler ve motor koruma anahtarları imalatçı tarafından belirlenen sigortalarda desteklenirler. Selektif gecikmeli açma özelliği olmayan şalterler tek bir devre üzerine seri olarak bağlanamaz.

2.4 Aydınlatma nihayet devreleri üzerindeki sigortalar 16A'ın üzerinde olmamalıdır.

Bir devreye bağlı aydınlatma armatürünün sayısı ile ilgili olarak 1.5'e bakınız.

I. Güç Dağıtımı

1. Elektrik Besleme Sistemleri

1.1 Müsaade edilen besleme sistemleri ile ilgili olarak, Bölüm 1, G'ye bakınız.

1.2 Tekne bünyesinden dönüşlü besleme sistemleri

1.2.1 Tüm nihai besleme devrelerinin bütün kutupları izoleli olmalıdır. Dönüş iletkenleri, ilgili dağıtım panelinde yer alan ve gemi bünyesine irtibatlı bir baraya bağlanacaktır.

1.2.2 Geminin bünyesine yapılan bağlantıların kesidi, en az besleme devresi kesidi kadar olmalıdır. İzolesiz kablolar kullanılamaz. Muhafazalar ve bunların bağlantı cıvataları, dönüş devresi olarak veya devrenin bağlantısı olarak kullanılmamalıdır.

1.3 Bir ortak besleme devresine, en fazla üç dağıtım paneli bağlanabilir.

2. Üç Fazlı Sistemlerde Yük Dengelenmesi

Üç fazlı sistemlerde, tek fazlı tüketiciler iki faz arasına veya faz nötr arasına bağlandığında, normal çalışma koşullarında, her bir fazın yükü diğer fazdan en çok %15 farklı olmalıdır. Ayrıca Bölüm 12, C.5'e bakınız.

3. Ana Besleme Kabloları

3.1 Ana ve ikincil teçhizat, Kurallar'a göre, tercihen doğrudan ana veya emercensi tablodan beslenmelidir.

Dağıtım panellerinden beslemeye, eşdeğer besleme güvenliği garanti edilmişse, izin verilebilir (Bölüm 2, A.3).

3.2 Aynı görevi yapan (örneğin; ana ve standby yağlama yağı pompaları) ana tüketicilerin beslemeleri ana tablodan ayrı ayrı kablolarla ya da bağımsız iki ayrı tali dağıtım panelinden yapılmalıdır.

Gaz tankerlerindeki kargo bakım sistemleri ve soğutulmuş kargo gemilerinde kargo soğutma merkezi besleme sistemleri istisnadır.

Dömen makinası besleme sistemi ile ilgili olarak Bölüm 7, A'ya bakınız.

4. Emrcensi Besleme Kabloları

4.1 Emrcensi tüketiciler doğrudan emercensi tablodan veya sadece ilgili yangın bölgesindeki tüketicilerin bağlandığı dağıtım panellerinden beslenebilir.

4.2 Normal çalışma durumunda emercensi tablo ana tablodan bir besleme devresi ile beslenmelidir. Bu devre üzerinde aşırı akım ve kısa devre koruması bulunmalıdır. Ana tablo enerjisinin kesilmesi halinde bu besleme devresini emercensi tablodan otomatik olarak ayıran bir düzene bulunmalıdır.

4.3 Emrcensi tablodan ana tabloya bir geri besleme yapılmasına, örneğin; ölü gemi durumundan başlangıç çalıştırması için veya istisnai olarak liman hizmeti için Bölüm 3, D' ye riayet edilerek müsaade edilebilir. Geri besleme çalışması esnasında, 4.2'de bahsi geçen otomatik ayırma düzeneği geçici olarak iptal edilebilir.

5. Aydınlatma Tesisatının Beslenmesi

5.1 Ana aydınlatma tesisatları ana tablodan, emrcensi aydınlatma tesisatları ise emrcensi tablodan beslenmelidir.

5.2 Bir nihai devreye bağlı aydınlatma armatürü sayısı;

55 V'a kadar 10 adeti,

55 V'un üzerinde, 125 V'a kadar 14 adeti,

125 V'un üzerinde 24 adeti geçemez.

5.3 Şalterler, topraklanmamış bütün iletkenlerin akımlarını aynı anda ve beraber kesmelidir. Tüm fazların izole olduğu aydınlatma sistemlerinde, nihai devrelerde tek kutuplu kesmeye, sadece yaşam mahallerinde müsaade edilebilir.

5.4 Yaşam mahalleri dışında, priz devreleri aynı bir devre olmalıdır. Bir devreye bağlanabilecek priz sayısı hesaplanırken bir priz iki aydınlatma armatürüne eşdeğer olarak kabul edilmelidir.

5.5 Aşağıda belirtilen mahallerde, aydınlatma ayrı sigortalı en az iki devre üzerinden yapılmalıdır:

5.5.1 Makina daireleri, hizmet mahalleri ile kumanda istasyonları;

5.5.2 Büyük kuzineler;

5.5.3 Geçiş yolları;

5.5.4 Filika güverteye çıkan merdivenler;

5.5.5 Yolcu ve mürettebat salonları;

5.5.6 Tankerlerde pompa daireleri.

5.6 Aydınlatma armatürleri, devrelerden biri kesildiği zaman yeterli aydınlatma yapabilecek şekilde yerleştirilmelidir.

6. Seyir ve İşaret Fenerleri

6.1 Borda, silyon ve pupa fenerleri, seyir fenerleri panelinden ayrı devrelerden beslenmeli, her devre aşırı yüklenmeye ve kısa devreye karşı korunmalıdır.

Silyon fener(i)leri, borda fener(i)leri ve bir pupa feneri çift olacaktır veya çift ampullü monte edilecektir.

Aynı tipten, ana ve yedek fenerleri besleyen iletkenler aynı kablo içinde bulunabilir.

6.2 Seyir fenerleri panelinden, "Uluslararası Denizde Çatışmayı Önleme Tüzüğü'nün gerektirdiği işaret lambaları da beslenebilir. Bu panele diğer tüketiciler bağlanamazlar.

6.3 Seyir fenerleri ve işaret lambaları paneli, ana ve emercensi tablolardan beslenmelidir. Alternatif güç kaynağına otomatik geçişe müsaade edilecek ve alarmı olacaktır.

6.4 Seyir fenerleri paneli üzerinde, seyir fenerlerinin ayrı ON/OFF kumandaları bulunacaktır.

6.5 Seyir fenerleri paneli, seyir fenerlerinin ON/OFF durumları için görsel gösterge sağlayacaktır.

6.6 Önceden programlanmış seyir fenerleri grup ayarları sağlanabilecektir

6.7 Seyir fenerleri paneli üzerinde, her fener için ilgili fenerin arızalandığını gösteren bir ışıklı veya sesli alarm bulunmalıdır.

Eğer izleme cihazı seyir feneri ile seri bağlanmış ise, bu cihazın arızalanması halinde seyir fenerinin sönmemesi için gerekli önlem alınmalıdır.

6.8 Seyir fenerleri paneli, seyir fenerlerinin mevcut durumlarını IMO Resolution MSC.191(79)'daki istekleri karşılayacak şekilde mantıksal bir sunumla gösterecektir,

6.9 Seyir fenerleri paneli üzerindeki tüm göstergeler kısılabılır olacaktır. Eğer mevcut ise, ekran parlaklığı kontrol edilebilir olacaktır.

6.10 Ledlerin ışık şiddetinin azalmasını önlemek amacıyla Vardiya Zabitini aydınlatma şiddetinin COLREG' te belirtilen seviyenin altına düştüğünden dolayı uyarmak için bir alarm fonksiyonu aktif hale getirilecektir veya LED ler sadece üreticinin, LED lerde ihtiyaç duyulan aydınlatma şiddetinin korunması için belirlediği kullanım ömrü süresince kullanılacaktır. Uygunluk sertifikasındaki seyir fenerleri hakkındaki özellikler görülecektir.

6.11 Eğer seyir fenerleri geminin ana elektrik kaynağından besleniyor ise, armatür duyarında mevcut gerilim, sürekli olarak, nominal gerilimden en fazla %5 oranında farklı olabilir.

Seyir fenerlerinin, ana elektrik kaynağındaki bir arıza nedeniyle bir emercensi kaynaktan beslenmesi halinde armatür duylarındaki gerilim, geçici olarak, nominal gerilimin %10 altında veya üzerinde olabilir.

7. Kumanda, İzleme ve Gemi Güvenlik Sistemleri

Kumanda, izleme ve gemi güvenlik sistemlerinin beslemesi aşağıda belirtilen kurallara uygun olmalıdır (Bölüm 9 B' ye de bakınız).

7.1 Bu sistemlerin hepsi kendilerine ait devrelerden beslenmelidir. Kısa devre durumunda, ayrı devrelerin seçmeli olarak kesilmesi sağlanmalıdır.

7.2 Ana güç kaynağının kesilmesi halinde dahi çalışmaya devam etmesi zorunlu olan sistemlerde akümülatörler tarafından da beslenen ortak bir şebeke kullanılabilir. Böyle bir şebekenin aşağıdakilerden biri veya diğerinden oluşan iki besleme sistemi olması zorunludur:

7.2.1 Bir akümülatör grubu ile birlikte tampon çalışma yaparak, aynı anda hem akümülatörleri şarjlı tutup hem de sürekli olarak bütün tüketicileri beslemeye yeterli bir şarj ünitesi ile birlikte çalışan ve bağlı tüm tüketicileri besleyebilecek kapasitede bir güç besleme ünitesi; veya

7.2.2 Madde 7.2.1'de belirtilenleri sağlayan iki şarj ünitesi.

7.3 7.2.1 ile 7.2.2'de belirtilen güç besleme teçhizatlarındaki kalıcı dalgalanma, akümülatörlerin geçici olarak devre dışı kalması durumunda bile tüketicilerin çalışmasını etkilemeyecek düzeyde olmalıdır.

7.4 Güç besleme üniteleri veya şarj ünitelerinden bir tanesi ana tablodan beslenmelidir.

7.5 Bir besleme sisteminin veya şarj ünitesinin kesilmesi durumunda ışıklı ve sesli sinyaller verecek alarm tertibatı olmalıdır.

7.6 Şarj kapasitesi $P \geq 2$ kW olan akümülatör şarj üniteleri, bir sörveyör nezaretinde, üretim yerinde test edilmelidir.

8. Emcensi Durdurma Teçhizatı

Aşağıdaki tüketicilerin yerleştirildikleri mahallin dışında bir emercensi durdurma teçhizatı olmalıdır. Tüketiciler, gruplar halinde düzenlenebilir. Yedeklenmiş tüketiciler en az iki ayrı grup olarak paylaştırılmalıdır.

Emcensi durdurma teçhizatı aşağıdaki tüketiciler için sağlanacaktır:

- Yakıt pompaları,
- Yağlama yağı pompaları,
- Yağ yakan sistemler,
- Seperatörler,
- Fan motorları,
- Kazan bloverleri,
- Ana makinalar için yardımcı bloverler,
- Kızgın yağ pompaları.

(Ayrıca TL Kuralları, Kısım 4-Makina, Bölüm 18'e bakınız).

9. Telsiz ve Seyir Teçhizatı

9.1 Genel

Ana ve emercensi elektrik güç kaynakları, telsiz teçhizatının çalışmasını sağlayacak ve telsiz teçhizatının tüm yedek güç kaynaklarını şarj edebilecek kapasitede olmalıdır.

9.1.1 Telsiz ve seyir teçhizatı doğrudan hem ana elektrik güç kaynağından hem de emercensi elektrik güç kaynağından ayrı güç besleme devreleri ile beslenmelidir.

9.1.2 Telsiz teçhizatı güç dağıtım seyir teçhizatı için olandan bağımsız olmalıdır. Ana ve emercensi elektrik güç kaynağından gelen devreler bir veya iki dağıtım panelinde sonlanabilir. Eğer bir dağıtım paneli kullanılırsa; biri telsiz teçhizatı, diğeri seyir teçhizatı için olan 2 ayrı baradan ayrı besleme yapılacaktır. Panel(ler) seyir köprüsünde veya köprü güvertede bir başka uygun pozisyonda bulunacaktır.

9.1.3 Her dağıtım tablosunda ana elektrik güç kaynağı ve emercensi elektrik güç kaynağı arasında besleme değiştirme imkanları olmalıdır. Bu değiştirme imkanının otomatik olması tercih edilir.

Eğer telsiz ve seyir teçhizatı için tek bir dağıtım paneli kullanılacaksa ayrı seçici anahtarlar sağlanmalıdır.

9.1.4 Herhangi bir güç beslemesindeki arıza seyir köprüsünde bir alarmı başlatacaktır.

9.2 Telsiz teçhizatı

9.2.1 Her gemide, ana ve emercensi elektrik güç kaynaklarında bir arıza olması halinde, emercensi ve güvenli telsiz trafiğinin sağlanması amacıyla, telsiz teçhizatını besleyen bir veya daha fazla sayıda yedek elektrik güç kaynağı veya kaynakları bulunmalıdır.

9.2.2 Yedek enerji kaynağı ile ilgili diğer koşullar için, SOLAS Kısım IV ve ilgili IMO kılavuzlarına bakınız.

9.3 Seyir Teçhizatı

Ana seyir teçhizatı özellikle, dümen standı ve pusula, radar ve yön-bulma teçhizatını içerir.

Telsiz cihazlarının kesintisiz bilgi aldığı geminin seyir teçhizatı beslemesi telsiz teçhizatıyla aynı baradan beslenecektir.

10. Ses Sinyal Sistemi

Gemi ses sinyal sistemi, ana elektrik güç beslemesinde sorun yaşanırsa çalışır durumda olacaktır.

**EK B : Türk Loydu Elektrik Kuralları Bölüm 5 Alçak Gerilim Açma-Kapama
Elemanları**

BÖLÜM 5

ALÇAK GERİLİM AÇMA-KAPAMA ELEMANLARI

	Sayfa
A. GENEL	5-2
B. HESAPLAR	5-2
1. Kısa Devre Akımlarının Hesabı	
2. Isı Kayıpları (Isı Dengesi)	
3. Dinamik ve Termal Yükler	
C. YAPI	5-3
1. Genel	
2. Ana Tablolar	
3. Emercensi Tablolar	
4. Dağıtım Panelleri	
5. Motor Starterleri	
D. DEVRE AÇMA-KAPAMA ELEMANLARININ SEÇİMİ	5-6
1. Genel	
2. Devre Kesiciler	
3. Yük Şalterleri	
4. Sigortalar	
E. ELEKTRİKLİ KORUYUCU TEÇHİZAT SEÇİMİ	5-7
1. Genel	
2. Kısa Devre Koruma Teçhizatı	
3. Seçici Koruma	
4. Aşırı Akım Koruma Cihazları	
5. Kısa Devre ve Aşırı akım Koruma Cihazlarının Yerleşimi	
6. Motor Koruması	
7. Kumanda Devreleri	
8. Ölçme ve Sinyalizasyon Devreleri	
9. Uyarma Devreleri	
10. İzolasyon Direncinin İzlenmesi	
11. Büyük Tüketicilerin ve Jeneratörlerin Koruma Düzenlerinin Gemide Testi	
F. İLETKENLER VE BARA TAŞIYICILARI	5-9
1. Çıplak veya Boyalı Baralar	
2. Bara Taşıyıcıları	
3. Açıkliklar ve Atlama Mesafeleri	
4. İzoleli İletkenler	
G. ÖLÇME ALETLERİ VE TRANSFORMATÖRLERİ	5-11
1. Ölçü Aletleri	
2. Ölçü Transformatörleri	
H. TABLOLARIN VE DEVRE AÇMA-KAPAMA ELEMANLARININ TESTLERİ	5-11
1. Tip Testleri	
2. İmalatçının Yerindeki Testler	

A. Genel	onaya sunulmalıdır.
1. Bu kurallar çalışma gerilimi 1000 V AC ve 1500 V DC'ye kadar olan alçak gerilim açma-kapama elemanlarına uygulanır.	Alternatif akım sistemlerinde aşağıdaki değerler belirlenmelidir:
2. Elektrik teçhizatı aşırı yüklenmede ve kısa devrede hasar görmemesi için korunmalıdır.	- Maksimum kısa devre akımı, I_p
3. Aşırı akım nedeniyle meydana gelen termik ve elektrodinamik kuvvetler, koruma elemanlarının cevap verme süresinde veya devre kesicilerinin açma süresinde herhangi bir tahribata neden olmamalıdır.	- Başlangıç simetrik kısa devre akımı, I''_k
4. Aşırı akım koruma elemanları aşağıdaki parametrelere göre seçilmelidir:	1.3 Ana baradaki kısa devre akımları, yaklaşık olarak, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:
- Aşırı yük akımı,	1.3.1 $I''_{kG} = \frac{I_{IG} \cdot 100}{x_d'' (\%)}$
- Kısa devre akımı,	I''_{kG} = Jeneratörün başlangıç simetrik kısa devre akımı,
- Tekrar devreye girme özelliği.	I_{IG} = Jeneratörün nominal akımı,
5. Alçak gerilim açma-kapama elemanlarının dizaynı, yapısı ve testlerinde IEC 60092-302 göz önünde tutulmalıdır.	x_d'' = % olarak jeneratörün alt geçici reaktansı
6. İlave notlar için Bölüm 4'e bakınız.	1.3.2 $I''_{KM} = 6 \cdot I_{IM}$
B. Hesaplar	I''_{KM} = Motorun başlangıç simetrik kısa devre akımı,
1. Kısa Devre Akımlarının Hesabı	I_{IM} = Motorun nominal akımı.
1.1 Kısa devre hesapları TL tarafından kabul edilmiş bir standarda göre yapılmalıdır (örneğin; IEC 61363-1).	1.3.3 Toplam başlangıç simetrik kısa devre akımı, tekil bileşen akımlarının toplamından hesaplanabilir.
1.2 Meydana gelmesi olası maksimum kısa devre akımları hesaplanırken aşağıdaki hususlar göz önüne alınmalıdır:	1.3.4 I_p pik kısa devre akımı değeri, toplam başlangıç simetrik kısa devre akımı I''_k 'nin 2,3 faktörü ile çarpımından hesaplanabilir.
1.2.1 Maksimum güç isteğini karşılamak üzere paralel çalışan tüm jeneratörler ve,	1.4 Kısa devre akımı hesabı, mümkün olan tüm kısa devreler göz önüne alınarak yapılmalıdır. Aşağıdaki kısa devre tipleri her durumda incelenmelidir:
1.2.2 Bütün motorların birlikte çalıştığı varsayılır.	- Jeneratör kısa devreleri,
Kısa devre akımı hesabında kullanılan bütün bilgiler	- Ana baralardaki kısa devreler,
	- Emercensi tablo baralarındaki ve ana dağıtım panellerinin baralarındaki kısa devreler.

1.5 Kısa devre hesabı ile birlikte kullanılan açma-kapama elemanlarını ve bunların karakteristiklerini belirten bir liste olmalıdır.

Kısa devre akımlarında açma-kapama elemanlarının nominal açma-kapama kapasitesi ve güç faktörü belirtilecektir.

1.6 TL, gerekirse minimum kısa devre akımlarının hesap edilerek verilmesi hakkını saklı tutar.

2. Isı Kayıpları (Isı Dengesi)

Açma-kapama elemanları, işletim koşullarında, IEC 60092-302'ye göre izin verilen sıcaklık artış sınırları aşılmayacak şekilde dizayn edilmelidir.

TL, ısı denge hesaplarını isteme hakkına sahiptir.

3. Dinamik ve Termal Yükler

3.1 Açma-kapama elemanları, bir kısa devre durumunda oluşan dinamik ve termal yükler nedeniyle; baralarda, bara tutucularında ve tellerde kalıcı hasar oluşmayacak şekilde dizayn edilmelidir.

TL, kısa devre durumundaki dinamik ve termal kararlılığın ispatı için hesapları isteme hakkına sahiptir.

3.2 Pik akımı 220 kA (I_{pk}) üzerinde olan sistemlerde, nominal pik dayanım akımı (I_{pk}) ve nominal kısa süreli dayanım akımı (I_{cw}) için IEC 61439-1 Paragraf 9.3 veya eşdeğer bir standarda uygun olarak yapılan testlerin sonucu dokümanite edilmelidir.

C. Yapı

1. Genel

1.1 Bütün cihazlar, aletler ve kumandalar kalıcı etiketlerle tanıtılmalıdır. Mümkünse, açık metin kullanılmalıdır.

Sigorta nominal akımları belirtilmeli, ayarlanabilir koruyucu tesis elemanlarının ayar noktaları markalanmalıdır. Bütün ölçme cihazlarının nominal çalışma parametreleri skalalar üzerinde veya hemen yanında bir etiket üzerinde kırmızı çizgi ile

işaretlenmelidir.

1.2 Tüm cıvata somunlu bağlantılarda gevşemeye karşı önlem alınmalıdır.

1.3 Tüm iletkenler keskin kenarlardan uzak olmalı ve titreşime karşı önlem alınmalıdır. Kapaklara monte edilmiş cihazların kabloları, gerilmeye ve aşınmaya karşı korunmuş olmalıdır.

1.4 Ana ve emercensi tablolar yalıtkan tutamaklarla donatılmalıdır.

1.5 Bağlantıları dahil bütün tesis elemanlarının bakımı, onarımı ve değiştirilmesi kolaylıkla yapılabilir olmalıdır.

1.6 Tablolardaki büyük kapaklar, açıldıkları durumda kalabilmeleri için gerekli donanımlara sahip olmalıdır.

1.7 Tabloların kapaklarına monte edilen tesis elemanları, (örneğin; şalterler, ölçü aletleri ve devre gerilimi 50 V'un üzerinde olan sigortalar) temasa karşı korunmalı olmalıdır. Bu kapaklar topraklanmalıdır.

1.8 Sigortaların, şalterlerin veya çıplak bağlantı veya iletim tellerinin üzerinde yer alması durumunda, düşen parçaların (örneğin; sigorta kartuşu), üzerinde akım bulunan kısımlara temas etmemesini sağlayan önlemler alınmalıdır.

1.9 Kumanda teçhizatı ve sigortalar, güvenli bir şekilde ulaşılabilir olmalıdır.

1.10 Güç devre kesicileri ile yük altındaki şalterlerin ark deşarjının kesilmesi için imalatçı tarafından belirtilen gerekli hava aralıkları sağlanmalıdır.

1.11 Takılması ve çıkarılması güvenli bir şekilde yapılabiliriyorsa, besleme devrelerinde bıçak tipi sigortaların kullanılmasına müsaade edilir.

2. Ana Tablolar

2.1 Panel kapakları kapalı iken ölçme aletleri, sinyal lambaları ve göstergeler tablonun ön tarafından görülebilmelidir.

2.2 Tüm jeneratörlerin toplam kurulu gücü 3 MW'ı geçerse, jeneratör panelleri birbirinden arka dayanıklı ayırıcı ile ayrılmalıdır. Bara geçişleri ise alev geciktirici, kendi kendine sönebilen tipte olmalıdır.

2.3 Geminin sevki için ana elektrik güç kaynağının gerekli olduğu sistemlerde, ana bara sistemi normalde devre kesicilerle veya diğer onaylı araçlarla irtibatlı en az iki alt gruba ayrılacak kapasitede olmalıdır.

Diğer onaylı araçlar, baraların kolayca ve emniyetli şekilde ayrılması sağlanarak;

- Açma mekanizması olmayan devre kesici, veya
- Ayırma bağlantısı veya
- Şalter' dir

Tekli baralar veya tablo bölümleri arasındaki ortak civatalı bağlantılar (örneğin taşıma için) bu istekleri karşılamaz.

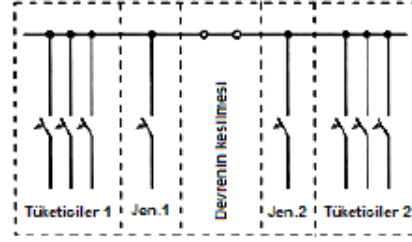
2.4 Diğer donatımları olmaksızın ayrı bir tablo paneli içinde olursa veya eşdeğer bir sınırlı bölümde olursa tek bir ayırma tertibatı yeterli olur, Şekil 5.1' e bakınız. Aksi taktirde, farklı tablo panellerinde iki ayırma tertibatı gerekli olacaktır, Şekil 5.2' ye bakınız.

2.5 Çıkarılabilir veya hareketli bağlantılar olması durumunda, bu cihazlar kolayca erişilebilir ve ele alınması kolay olacaktır. İşletme araçları yakın yerleştirilmelidir.

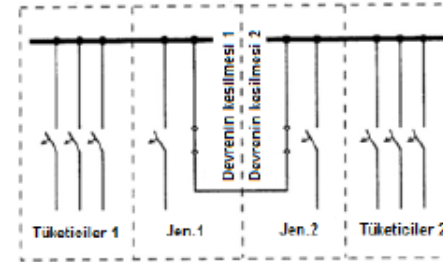
2.6 Uygulanabilir olduğu sürece, jeneratör setleri ve diğer çoğaltılmış tüketiciler ana bara bölümleri arasında eşit olarak bölünecektir.

2.7 Tüketiciler örneğin, aşağıdaki gibi düzenlenebilirler:

Tüketiciler 1	Tüketiciler 2
Yağlama yağı pompası 1	Yağlama yağı pompası 2
Soğutma suyu pompası 1	Soğutma suyu pompası 2
Aydınlatma 1	Aydınlatma 2
v.s.	v.s.



Şekil 5.1 Tüketicilerin paylaştırılması ve ana baraya bağlantı şekline örnek



Şekil 5.2 İki ayrıncılı bağlantı şekline ve tüketicilerin paylaştırılmasına örnek

2.8 Jeneratörlere ait açma-kapama elemanları ve senkronizasyon cihazları

Bölüm 4, A'ya bakınız.

2.9 Jeneratörlere ait ölçü ve kontrol cihazları

2.9.1 Devre kesicisi kullanılan sistemlerde aşağıdaki sinyal lambaları olmalıdır:

- Güç devre kesicisi kapalı,
- Güç devre kesicisi açık.

2.9.2 Üç fazlı alternatörlerin her biri için aşağıda belirtilen ölçü aletleri bulunmalıdır:

- 1 voltmetre, gerekli ise bir seçici anahtarla diğer alternatörlerin gerilimini ölçebilen,
- 1 ampermetre, seçici anahtarla tüm faz akımlarını ölçebilen,
- 1 wattmetre, gücü 50 kVA ve daha fazla olan alternatörler için,

- 1 frekansmetre, gerekli ise seçici anahtarla diğer alternatörlerin frekansını ölçebilen.

2.9.3 Doğru akım jeneratörlerinin her biri için aşağıda belirtilen ölçü aletleri bulunmalıdır:

- 1 voltmetre,
- 1 ampermetre.

2.9.4 Aşağıda belirtilen devreler doğrudan jeneratörlerden beslenmeli ve kısa devrelere karşı ayrı ayrı korunmalıdır:

- Jeneratör koruma tesis elemanları ile jeneratör devre kesicisinin düşük gerilim koruma elemanları,
- Ölçü aletleri,
- Sinyal lambaları,
- Dizel makina hız kontrol elemanları (eğer elektronik governör varsa, governörden güç beslemesi kullanılabilir, Bölüm 9, B.9'a bakınız),
- Devre kesicilerinin motor tahrik teçhizatı.

2.9.5 Jeneratör devre kesicisinin el ile çalışması sağlanacaktır. Bu çalışma, bağımsız ve mekanik olacaktır. Bölüm 21, D.3.4.e' ye bakınız)

2.10 Açma-kapama elemanları ve sigortalar

2.10.1 Ana tablodan her besleme devresi üzerinde, aşırı akım ve kısa devre korumalı devre kesici veya topraklanmamış her iletken üzerinde sigorta ve tüm kutupları birlikte kesen şalter veya kontrol anahtarına sahip bir kontaktör bulunmalıdır. Sigortalar, şalterler kullanıldığı takdirde, bara-sigorta-şalter sırası izlenmelidir. Bu sıra, ancak yük şalteri olarak kısa devre durumunda bile oluşan arktan etkilenmeyen AC-23Ahizmet sınıfından motorlu şalterler kullanıldığı zaman değiştirilebilir (aynı zamanda B.3'e bakınız).

Yük şalterinin ani nominal akımları (dinamik sınırlama akımı) kısa devre halinde ilgili sigortanın maksimum iletim akımından daha büyük olmalıdır.

2.10.2 Dümen makinaları için Bölüm 7, A'ya da bakınız.

2.11 Ölçü aletleri

Büyük güçlü tüketicilerin üzerlerinde ampermetre yoksa bunların ana tablo ve ana dağıtım paneli üzerinde birer ampermetresi bulunmalıdır. Birkaç devreye tek bir ampermetre bağlanması için yapılacak tertibatlarla müsaade edilebilir.

3. Emercensi Tablolar

3.1 Ana tablolar için belirtilen kurallar benzer tarzda emercensi tablolar için de geçerlidir.

3.2 Emercensi güç sisteminin kumanda ve besleme devreleri;

- Ana jeneratörlerin ve/veya ana tablonun bulunduğu mahalde, veya

- A kategori bir makina mahallinde

yangın veya başka bir nedenle oluşacak bir enerji kesilmesi veya kısa devre olması halinde, emercensi güç besleme sistemine zarar vermeyecek şekilde bağlanmalı ve korunmalıdır. Gereken hallerde, emercensi tabloya, ayırıcı şalter konulacaktır.

4. Dağıtım Panelleri

4.1 Dağıtım panellerinde, besleme devrelerini koruyan ve tüketicileri beslemek için gerekli olan elemanlar bulunmalıdır (Bölüm 4'e bakınız).

4.2 Sigorta kullanılan besleme devrelerinde yük şalterleri de bulunmalıdır. Besleme devrelerinde, sigorta nominal akımı 63 A veya daha küçük ise her tüketici kendisine yakın yerleştirilmiş bir anahtar ile devreden çıkarılabiliyorsa yük şalteri kullanılmayabilir.

4.3 Seyir fenerleri tablosu için Bölüm 4, I.6'ya bakınız.

4.4 Konteyner prizlerini besleyen dağıtım panelleri için Bölüm 11, C.4'e bakınız.

5. Motor Starterleri

$t=T/2$ andaki A.C bileşeninden ($I_{sc}(t)$) küçük olmamalıdır.

5.1 Her motor kendisine ait bir teçhizatla devreye girip çıkmalıdır.

Not:

B.1 kısa devre akım hesaplarına bakınız.

5.2 Motorların çalıştığını gösteren teçhizatlar olmalıdır.

5.3 Motorlara ait açma-kapama elemanı, akım taşıyan tüm iletkenleri kesmiyor ise, personelin korunması için ilave önlemler alınmalıdır.

5.4 Aşağıdaki hallerde, motorlara starterle yol verilmelidir;

- Motorlar direkt bağlandıklarında sistemde müsaade edilenden daha büyük gerilim veya akım düşmesine neden oluyorsa; veya
- Motor veya motor tarafından tahrik edilen makinenin startı için gerekli ise;
- Motorların starter ihtiyaçları jeneratörlerin dizaynına bağlı ise.

5.5 Start ancak starterin kapalı (off) konumundan hareketle mümkün olmalıdır.

2. Devre Kesiciler

2.1 Devre kesiciler IEC 60947-2'de belirtilen kullanım sınıflarına göre seçilirler.

2.1.1 Kullanım sınıfı A

Bu tip devre kesiciler, yük tarafında seri olarak bağlı bulunan diğer kısa devre koruma düzenlerine göre, kısa devre koşullarında selektif olarak dizayn edilmeyen kesicilerdir (örneğin; kısa devre koşullarında selektivite için kısa zaman gecikmeli olmayan ve bu nedenle nominal kısa zaman dayanım akımının (I_{cw}) kanıtlanmasına gerek olmayan kesiciler).

Uygulama örnekleri:

Tüketici devre kesicileri ve dağıtım kolonları

2.1.2 Kullanım sınıfı B

Bu tip devre kesiciler, yük tarafında seri olarak bağlı bulunan diğer kısa devre koruma düzenlerine göre, kısa devre koşullarında selektif olarak dizayn edilen kesicilerdir (örneğin; kısa devre koşullarında selektivite için kısa zaman gecikmeli kesiciler). Bu tip kesicilerde, nominal kısa zaman dayanım akımı (I_{cw}) kanıtlanmalıdır. B sınıfı devre kesiciler, konuldukları yerdeki olası kısa devre akımlarına, en az 500 ms. dayanım göstermelidir.

Uygulama örneği:

Jeneratör devre kesicileri.

2.2 Jeneratör devre kesicileri için ilave istekler:

2.2.1 Aşırı akım nedeniyle açmanın hemen ardından, devre kesici yeniden devreye girmeye hazır olmalıdır. Bu yüzden, termik kesici düzenlere izin verilmez.

2.2.2 Yeniden devreye alma düzeni, kısa devre**D. Devre Açma-Kapama Elemanlarının Seçimi****1. Genel**

1.1 Açma-kapama elemanları, IEC yayınlarına veya TL tarafından onaylanmış diğer standartlara uygun olmalıdır.

1.2 Devre açma-kapama elemanları; nominal akımlara, termik ve dinamik mukavemetlere ve açma-kapama kapasitelerine göre seçilmelidir.

Aşağıdaki koşullar gözlenmelidir:

1.2.1 Anma kapama kapasitesi, monte edildiği noktadaki hesaplanmış tepe kısa devre akımından (I_p) küçük olmamalıdır.

1.2.2 Anma açma kapasitesi, kısa devre akımının

nedeniyle oluşan açılmanın ardından devam eden kısa devre durumunda otomatik olarak devreye girmeyi önlemelidir.

2.3 IT Sistemlerdeki devre kesiciler için ilave istekler:

- IEC 60947-2 Ek-H' de tarif edildiği şekilde test edilmesi istenir.

3. Yük Şalterleri

3.1 Yük şalterlerinin nominal değeri, en az devreyi koruyan sigortanın nominal akımına eşit olmalı ve AC-22A veya DC-22A (IEC 60947-3) kategorilerine uygun açma-kapama kapasitesinde olmalıdır.

3.2 Bara-sigorta-şalter sırası takip edilmelidir.

3.3 Bara-şalter-sigorta sırası seçilir ise, açma-kapama kapasitesi AC-23A veya DC-23A (IEC 60947-3) kategoriye uygun olmalı ve açma-kapama ünitesinin izolasyon kalitesinin artması hususuna dikkat edilmelidir.

4. Sigortalar

4.1 Sigorta buşonlarının kapalı bir erime yeri bulunmalıdır. Seramik veya TL tarafından eşdeğerliliği kabul edilmiş bir malzemeden imal edilmelidir.

4.2 Sigortalar sadece 315 A'e kadar aşırı yük koruması amacıyla kullanılabilir.

Bu kural dışında kalan durumlarda TL onayı gereklidir.

E. Elektrikli Koruyucu Teçhizat Seçimi

1. Genel

Koruyucu tesis elemanları, bir arıza halinde arızalı sistem devre dışı kaldığında ana tüketicilerin güç beslemesi kesilmeyecek şekilde düzenlenmelidir.

2. Kısa Devre Koruma Teçhizatı

2.1 Kısa devreye karşı koruma amacıyla kullanılan kesicilerin nominal açma kapasitesi I_{cn} , bir

kısa devre halinde kesicinin yerleştirildiği noktada kesilmesi gereken maksimum akımdan küçük olmamalıdır.

2.2 Her güç kesicinin nominal kapama kapasitesi I_{cm} , kesicinin bulunduğu noktada meydana gelebilecek maksimum kalıcı asimetrik kısa devre akımının değerinden daha küçük olmamalıdır.

2.3 Her açma-kapama elemanının ve bileşenlerinin tepe kısa devre mukavemeti, bulunduğu noktada meydana gelebilecek maksimum kısa devre akımına uygun olmalıdır.

2.4 Maksimum kısa devre akımından daha küçük açma-kapama kapasiteli güç kesicileri yeterli açma kapasiteli (destekleme) sigortalar ile korunmalıdır.

2.5 Aşağıdaki devre kesiciler, kısa devre kesme akım değerleri (I_{cs}) esas alınarak seçilecektir:

- Ana tabloya veya emercensi tabloya doğrudan bağlı tüm devre kesiciler
- Ana servisleri ve emercensi tüketicilere ait besleme devrelerine monte edilen tüm devre kesiciler.

Eşdeğer koruma şemaları TL tarafından özel olarak onaylanacaktır.

3. Seçici Koruma

Ana tüketicilerin kısa devreye karşı korunması selektif olmalıdır ve ana teçhizatın korunmasında, devreden çıkarma işlemi hataya en yakın devre kesicisi tarafından sağlanmalıdır. Bu maksatla:

- Seri bağlı koruyucu elemanların açma süreleri birbirleriyle koordineli seçilmelidir;
- Açma-kapama elemanları, selektivite için gerekli olan gecikme zamanı da dahil olmak üzere açma olayı sona erene kadar geçecek zaman boyunca üzerinden geçen kısa devre akımını taşıyacak kapasitede olmalıdır.

Jeneratör devre kesicisi ile seri koruma sağlayan ve tali teçhizatı besleyen devreler bu kurala

uymayabilir.

4. Aşırı Akım Koruma Cihazları

Aşırı akım koruma elemanlarının akım-zaman karakteristikleri sistemde kullanılan devre elemanlarının özelliklerine ve selektivite isteklerine uygun olmalıdır.

5. Kısa Devre ve Aşırı Akım Koruma Cihazlarının Yerleşimi

5.1 Kısa devre koruması, topraklanmamış her iletken için gereklidir.

5.2 Aşırı akıma karşı koruma, izoleli doğru akım ve tek fazlı alternatif akım devrelerinde en az bir iletken, izoleli ve dengeli yüklenmiş üç fazlı devrelerde en az iki iletkende bulunmalıdır.

5.3 Topraklanmış sistemlerin topraklanmamış olan bütün iletkenlerinde aşırı akım koruması bulunmalıdır. Topraklama iletkenleri kısa devre veya aşırı akım koruma elemanları ile kesilmemelidir. Ancak topraklı veya topraksız bütün kutupları beraber ayıran kesme elemanları bu kuralın dışındadır.

5.4 Devrenin tamamının (devre açma-kapama elemanları, tablo içi iletkenleri, besleme kabloları ve tüketiciler) bu kurallara uygun olarak, aşırı yüklenme ve kısa devreye karşı korunması ya tüketicinin nominal akımı veya bağlı olduğu devre gruplarının toplam akımından I_n hesaplanmalıdır.

6. Motor Koruması

6.1 Nominal gücü 1 kW'ın üzerinde olan motorlar kısa devre ve aşırı yüklenmeye karşı korunmalıdır. Dümen sistemi motorları için Bölüm 7'ye bakınız.

6.1.1 Koruma teşhizatı motorun çalışma şekline uygun olmalı ve aşırı yüklerle karşı gerekli termik koruma yapılmalıdır.

6.1.2 Aşırı yük koruma elemanının akım-zaman karakteristiği motorun yol alma şartlarına uymuyor ise, yol alma esnasında koruma cihazının görev yapmamasını sağlayacak tertibat olmalıdır. Bu esnada kısa devre koruma elemanı görev yapar durumda olmalıdır.

6.2 Bir kesilmenin ardından tekrar enerji verildiğinde motorların tekrar yol almaları çalışmayı tehlikeye sokacak ise otomatik devreye girmeyi önleyen düşük gerilim koruması sağlanmalıdır.

6.3 Motorların enerji kesilmelerinden sonra otomatik olarak devreye girmesi gerekli ise, gemi elektrik devresinin start akımlarından dolayı aşırı yüklenmemesi için önlem alınmalıdır.

7. Kumanda Devreleri

7.1 Ana sistemlerin kumanda devreleri diğer kumanda devrelerinden bağımsız olmalıdır.

7.2 Bazı grup tüketicilerin ortak kumanda devreleri olmasına görevleri gereği ise müsaade edilebilir.

7.3 Emercensi kapama için Bölüm 4, 1.8'e bakınız.

7.4 Kumanda güç transformatörleri kısa devre ve aşırı yüke karşı korunmalıdır. Aşırı yük koruması için sekonder tarafta sigortalar kullanılabilir. Sekonder tarafındaki nominal akımı 2 A'den daha düşük olan transformatörlerin kullanılması halinde bu kural uygulanmayabilir.

7.5 Açma kapama elemanları, topraklı bir kontrol devresinin topraklı kısmında (N) yer almamalıdır.

8. Ölçme ve Sinyalizasyon Devreleri

Sinyalizasyon ve ölçme teşhizatının ve gösterge lambalarının akım devreleri, her bir topraklanmamış iletken kısa devreye ve aşırı yüke karşı korunacaktır. Çalışma gerilimi ≤ 24 V olan gösterge lambaları ile kısa devre durumunun, kontrol ve güç devreleri üzerine etkisini önleyici önlemlerin alınması durumları bu korunmadan istisnadır.

9. Uyarma Devreleri

Devre dışı kalmaları, hayati sistemlerin çalışmasını tehlikeye düşüren uyarma devreleri ve benzeri devreler sadece kısa devreye karşı korunmalıdır.

10. İzolasyon Direncinin İzlenmesi

Güç, ısıtma ve aydınlatma tesisatlarını besleyen primer veya sekonder devreler topraklanmamış iseler, gemi bünyesiyle olan izolasyon direncini izleyen ve bu direnç anormal şekilde düşük ise sesli veya ışıklı bir sinyali harekete geçiren teçhizat bulunmalıdır (Bölüm 20, E 4.9'a da bakınız).

Tankerler için, Bölüm 15'e bakınız.

İkincil sistemlerde (kumanda devreleri gibi) izolasyon direncini izleyen tesis elemanları kullanılmayabilir.

11. Büyük Tüketicilerin ve Jeneratörlerin Koruma Düzenlerinin Gemide Testi

Jeneratörlerin ve elektrik tahrik sistemlerinin sevk motorları, yanıl iticiler, transformatörler gibi büyük tüketicilerin elektronik veya bilgisayarlı koruma düzenleri, işlevleri gemide test edilebilecek şekilde dizayn edilmelidir.

Özellikle şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Değişim durumunda, son ayarları kolaylıkla belirleyici düzenler,
- Ayarların ve işlevlerin teknede testi ile ilgili düzenler ve talimatlar.

F. İletkenler ve Bara Taşıyıcıları

1. Çıplak veya Boyalı Baralar

1.1. Genel

1.1.1 Baralar bakır veya bakır kaplanmış alüminyum veya korozyona dayanıklı alüminyumdan yapılmalıdır.

1.1.2 Bakır baraların boyutları ve akım taşıma kapasiteleri Tablo 5.1'e uygun olmalıdır. Ana baraların sıcaklık yükselmesi, en olumsuz koşullarda 45 K'i geçmeyecek ve bitişik elemanlara zararlı bir etkisi olmayacaktır.

1.1.3 Aynı fazda birden fazla paralel bara kullanılırsa, baralar arasında en az bara kalınlığı kadar mesafe olmalıdır. Üç fazlı sistemlerin topraklama ve nötr iletkenleri ile kompaund sargılı jeneratörler arasındaki dengeleme hatlarının kesiti en az faz iletkeninin yarısı kadar olmalıdır.

1.2 Teçhizat bağlantı baraları

Teçhizat bağlantı baralarının ve devrelerinin kesiti, kısa devre durumunda ve tam yükte teçhizatın ısısının aşırı derecede yükselmesini önleyecek şekilde seçilmelidir.

2. Bara Taşıyıcıları

Baraların montajı, kısa devreler yüzünden meydana gelen gerilmelere dayanabilecek şekilde yapılmalı ve gerilim altında olan diğer tesis elemanlarına veya topraklanmış elemanlara göre aralarında bulunması gereken klerensler ve atlama mesafeleri sağlanmalıdır.

3. Açıklıklar ve Atlama Mesafeleri

3.1 Tablo 5.2'de belirtilen değerler ana baralara, ana, emercensi ve kontrol tablolarının ilgili sigortasız bağlantı baralarına uygulanır.

3.2 Tablo 5.2'de belirtilenlerden daha düşük değerlere aşağıdaki koşullar sağlanırsa, TL tarafından onaylanmak koşuluyla müsaade edilebilir:

- Standart dizayn şalterde,
- Kalite sistemi TL tarafından onaylanmış ise;
- Uygun donatım ve koruma sınıfı ile elektrik arıza oranı azaltılmış ise,
- Tip testi yapılmış tablolarla.

4. İzoleli İletkenler

4.1 İzoleli iletkenler çok telli bükülmüş olmalı ve Bölüm 12'de kablo ve iletkenler için belirtilen kurallara uygun olmalıdır. İletkenin nominal kesiti en azından bağlı olduğu tüketicinin nominal akımı için yeterli olmalıdır. İletken kesitleri Tablo 5.3'e uygun olarak seçilmelidir.

Tablo 5.1 45 °C ortam sıcaklığında (sıcaklık yükselmesi 45 K) dikdörtgen kesitli bakır baralarda müsaade edilen akım taşıma kapasiteleri

Genişlik x Kalınlık [mm]	Müsaade edilen maksimum akım taşıma kapasitesi [A], 50/60 Hz							
	Boyalı				Çıplak			
	Baraların sayısı				Baraların sayısı			
	1 I	2 II	3 III	4 II II	1 I	2 II	3 III	4 II II
15 X 3	230	390	470	-	200	350	445	-
20 X 3	290	485	580	-	250	430	535	-
20 X 5	395	690	900	-	340	620	855	-
20 X 10	615	1145	1635	-	530	1020	1460	-
25 X 3	355	580	650	-	300	510	615	-
25 X 5	475	820	1040	-	405	725	985	-
30 X 3	415	670	735	-	350	590	700	-
30 X 5	555	940	1170	-	470	830	1110	-
30 X 10	835	1485	2070	-	710	1310	1835	-
40 X 5	710	1180	1410	-	595	1035	1350	-
40 X 10	1050	1820	2480	3195	885	1600	2195	2825
50 X 5	860	1410	1645	2490	720	1230	1560	2380
50 X 10	1260	2130	2875	3655	1055	1870	2530	3220
60 X 5	1020	1645	1870	2860	850	1425	1785	2740
60 X 10	1460	2430	3235	4075	1220	2130	2850	3595
80 X 5	1320	2080	2265	3505	1095	1795	2170	3370
80 X 10	1860	2985	3930	4870	1535	2615	3460	4275
100 X 10	2240	3530	4610	5615	1845	3075	4040	4935
120 X 10	2615	4060	5290	6360	2155	3545	4635	5580
160 X 10	3348	5121	6646	7836	2752	4451	5803	6857
200 X 10	4079	6162	7973	9287	3335	5344	6956	8109
Not: Müsaade edilen maksimum akım taşıma kapasitesi, arkası kapalı olmayan ana tablolar için uygulanır. Tam kapalı tablolarda yeterli havalandırma sağlanmalı veya belirtilen akım taşıma kapasiteleri düşürülmelidir.								

Tablo 5.2 Açıklık ve atlama mesafeleri

Nominal işletme gerilimi [V](AC/DC)	Minimum klerens [mm]	Minimum atlama mesafesi [mm]
≤125	10	12
> 125	15	20
> 250	20	25
> 690	25	35

4.2 Ana baralardan sigortalara ve devre kesicilerine giden sigortasız iletkenler olabildiğince kısa olmalı ve boyları 1 m.'yi geçmemelidir.

4.2.1 Bunlar diğer kablolarla yanyana döşenmemeli ve beraber bağlanmamalıdır.

4.2.2 Önemli kumanda devreleri, mümkün olduğu oranda, kısa devre arklarından hasarlanmayacak şekilde döşenmeli ve korunmalıdır.

G.	Ölçme Aletleri ve Transformatörleri	- Ana baralara doğrudan bağlanan devre kesiciler, anahtarlar, ayırıcılar ve sigortalarla ana ve emercensi tabloların ve kontrol panellerinin çok terminalli sigortasız baraları,
1.	Ölçme Aletleri	- Jeneratör koruyucu tesis elemanları, - Azaltılmış klerens ve atlama mesafeli seri olarak imal edilen standart tip tablolar (F.3.2'ye de bakınız).
1.1	Paneller üzerine monte edilmiş aletlerin ölçme hataları %1,5 FSV yi geçemez.	
Akümülatörler ve doğru akım jeneratörleri için polariteye göre sapan tip aletler kullanılmalıdır.		
1.2	Voltmetrelerin skalası nominal gerilimin en az %120'si mertebesinde olmalıdır. Ampermetrelerinki ise olası devamlı çalışma akımının en az %130'u mertebesinde olmalı ve motorların start akımlarından hasar görmeyecek tipte olmalıdır.	
1.3	Wattmetrelerin skalası da nominal gücün en az %120'si mertebesinde olmalıdır. Eğer jeneratörler paralel çalışıyor ise wattmetreler %12 oranında ters gücü gösterecek tipte olmalıdır.	2. İmalatçının Yerindeki Testler
Wattmetrenin tek bir akım sahası var ise bütün jeneratörlerin aynı fazı ölçülmelidir. Bir faza bağlı tüm tüketicilerin toplam gücü en küçük jeneratörün gücünün %10 unu geçiyor ise, wattmetreler bütün fazlardaki dengesiz yükleri gösterebilmelidir.		2.1 Bütün tablolar imalatçının yerinde test edilmelidir.
1.4	Frekansmetreler nominal frekansın ± 5 Hz'lik değişimlerini gösterebilmelidir.	2.2 Aşağıdaki teçhizat bir TL sürveyörü gözetiminde test edilmelidir.
2.	Ölçme Transformatörleri	- Ana tablolar, - Emereensi tablolar, - Bağlı gücü $\geq 500\text{kW}$ olan dağıtım tabloları - YST klas notasyonuna sahip kargo soğutma sistemine ait bütün tablolar, - Elektrikli tahrik sistemine ait paneller. - Kazan ve kızgın yağ sistemlerinin çalıştırma ve kumanda panelleri.
2.1	Ölçme transformatörlerinin hassasiyeti en az klas 1 grubunda olmalıdır.	TL diğer tablo ve panelleri de imalatçının yerinde test etme hakkını saklı tutar.
2.2	Koruyucu tesis elemanlarının akım transformatörleri, devrede oluşabilecek aşırı akımın %10'undan fazla bir hata göstermemelidir.	2.3 Testin kapsamı
H.	Tabloların ve Devre Açma-Kapama Elemanlarının Testleri	2.3.1 Göz kontrolü Onaylanan projelere göre imalatın kontrolüdür. Kullanılan tesis elemanları ve malzemeler kurallara uygun olmalıdır.
1.	Tip Testleri	
Aşağıdaki tesis elemanları zorunlu olarak tip testine tabi tutulmalıdır:		

Tablo 5.3 Tablo teçhizatı iletkenlerinin nominal akımları

İletkenin nominal kesiti, İletkenler paralel bağlı ise toplam kesit [mm ²]	Demetlenmiş, üzeri açık veya muhafaza içinde iletkenler		Aralarında en az bir iletken çapı kadar mesafe bulunan tek başına döşenmiş iletkenler Her türlü devreler Akım [A]
	Birkaç güç devresi birarada	Kendisine ait ölçme ve kumanda devreleri ile birlikte bir güç devresi veya güç devresiz ölçme ve kumanda iletkenleri	
	Akım [A]	Akım [A]	
1	9	12	15
1,5	12	15	19
2,5	16	20	25
4	20	27	34
6	26	35	42
10	36	48	58
16	48	65	78
25	66	86	102
35	82	107	125
50	104	133	157
70	130	164	194
95	157	198	231
120	186	231	272

Notlar: Tabloda belirtilen akım değeri ortam sıcaklığı 45°C ve müsaade edilen en yüksek çalışma sıcaklığı 70°C olan kablolar içindir. Maksimum çalışma sıcaklığı [T] 70°C den farklı iletkenler için akımlar aşağıdaki tabloda belirtilen çevirme faktörü [F] ile çarpılır.

T	60 °C	65 °C	70 °C	75 °C	80 °C	85 °C
F	0,77	0,89	1,00	1,10	1,18	1,26

Tablo 5.4 Ana devrelerin test gerilimi

Nominal izolasyon gerilimi U _i DC ve AC [V]	Test gerilimi (AC) (r.m.s) [V]
U _i ≤ 60	1000
60 < U _i ≤ 300	2000
300 < U _i ≤ 690	2500
690 < U _i ≤ 800	3000
800 < U _i ≤ 1000	3500
1000 < U _i ≤ 1500 (1)	3500

(1) Sadece DC gerilim için

2.3.2 Fonksiyon testi

Sistemin tesis elemanlarının onaylanan projelere ve test prosedürüne uygun olarak işletme şartlarındaki testidir.

2.3.3 Yüksek gerilim testi

Tablo 5.4 ve 5.5'de belirtilen test gerilimleri iletkenler arasına ve iletkenlerle tablo gövdesi arasına uygulanmalıdır. Test süresi her durum için 1 dakikadır. Test esnasında ölçü aletleri ve diğer yardımcı teçhizat devre dışı bırakılabilir.

Ana devreler için test gerilimi;

Ana devreler için test gerilimi Tablo 5.4'e göre yapılmalıdır.

- Yardımcı devreler için test gerilimi;
Yardımcı devreler için test gerilimi Tablo 5.5'e göre yapılmalıdır.
- Tip onaylı devre açma-kapama elemanları için test gerilimi;
Tip onaylı devre açma-kapama elemanlarının dielektrik özelliğinin kanıtlanması için rutin test gerilimi Tablo 5.4 ve 5.5'de belirtilen değerlerin %85'ine düşürülebilir.

2.3.4 İzolasyon direncinin ölçülmesi

Gerilim testinden sonra izolasyon direnci ölçümü yapılmalıdır. İzolasyon direnci ölçümü en az 500 V'luk bir DC gerilim ile yapılmalıdır.

Büyük tesislerde tablo test amacıyla birkaç test bölmesine ayrılabilir. Her bölmenin izolasyon direnci en az 1 M Ω olmalıdır.

Tablo 5.5 Yardımcı devreler test gerilimi

Nominal izolasyon gerilimi U_i (DC ve AC) [V]	Test gerilimi (AC) (r.m.s) [V]
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$U_i > 60$	$2 U_i + 1000$ min. 1500

EK C : Gemi elektrik güç sistemi elemanlarına ait parametreler

Çizelge C.1: Senkron generatörlere ait parametreler (pu).

Generatör Adı	Güç (kVA)	Gerilim (V)	Frekans (Hz)	X_d	X'_d	X''_d	T'_d	T''_d	T_{dc}
DG1	2001	690	60	1.21	0.125	0.109	0.36	0.016	0.045
DG2	1327	690	60	1.23	0.195	0.106	0.28	0.013	0.036
SG	5000	690	60	1.72	0.227	0.131	0.34	0.014	0.042
EG	200	690	60	2	0.1	0.1	0.10	0.010	0.015

Çizelge C.2: Transformatörlere ait parametreler (IEC 60076-5'e göre).

Transformatör Adı	Güç (kVA)	Gerilim (V)	Frekans (Hz)	Bağlantı şekli	X/R	%Z
T1	150	690/440	60	Dd0	1.5	6
T2	150	690/440	60	Dd0	1.5	6
T3	145	690/230	60	Dd0	1.5	6
T6	145	690/230	60	Dd0	1.5	6
T4	80	690/230	60	Dd0	1.5	6

EK D: Çalışma durumu 1 ETAP programı kısa devre analizi raporu

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 1
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

SHORT-CIRCUIT REPORT

3-Phase fault at bus : 230VAC/60HzADTA

Nominal kV = 0.230

Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	10.211	20.421	7.220	100.00	0.001	-1.691	7.759	17.922	7.186	76.34
0.002	-1.446	5.929	16.046	7.154	58.60	0.003	0.266	4.555	14.627	7.122	45.22
0.004	2.888	3.518	13.546	7.091	35.08	0.005	5.817	2.731	12.717	7.061	27.35
0.006	8.470	2.132	12.075	7.031	21.44	0.007	10.350	1.672	11.575	7.002	16.88
0.008	11.104	1.318	11.182	6.974	13.37	0.009	10.561	1.045	10.869	6.947	10.63
0.010	8.750	0.832	10.619	6.920	8.50	0.011	5.890	0.666	10.416	6.894	6.83
0.012	2.356	0.536	10.250	6.869	5.51	0.013	-1.381	0.433	10.112	6.844	4.47
0.014	-4.817	0.351	9.996	6.820	3.64	0.015	-7.489	0.286	9.897	6.796	2.98
0.016	-9.043	0.234	9.812	6.773	2.44	0.017	-9.279	0.192	9.739	6.750	2.01
0.018	-8.180	0.159	9.674	6.728	1.67	0.019	-5.915	0.131	9.616	6.707	1.38
0.020	-2.813	0.109	9.564	6.685	1.15	0.021	0.682	0.091	9.516	6.665	0.96
0.022	4.077	0.076	9.472	6.645	0.80	0.023	6.893	0.063	9.432	6.625	0.67
0.024	8.739	0.053	9.395	6.606	0.57	0.025	9.359	0.044	9.359	6.587	0.48
0.026	8.674	0.037	9.326	6.568	0.40	0.027	6.784	0.032	9.295	6.550	0.34
0.028	3.960	0.027	9.265	6.532	0.29	0.029	0.601	0.022	9.236	6.515	0.24
0.030	-2.821	0.019	9.208	6.498	0.21	0.031	-5.826	0.016	9.182	6.481	0.18
0.032	-7.998	0.014	9.156	6.465	0.15	0.033	-9.037	0.012	9.132	6.449	0.13
0.034	-8.802	0.010	9.108	6.433	0.11	0.035	-7.334	0.008	9.084	6.418	0.09
0.036	-4.845	0.007	9.062	6.403	0.08	0.037	-1.687	0.006	9.040	6.388	0.07
0.038	1.694	0.005	9.018	6.373	0.06	0.039	4.823	0.004	8.997	6.359	0.05
0.040	7.263	0.004	8.977	6.345	0.04	0.041	8.675	0.003	8.957	6.331	0.04
0.042	8.867	0.003	8.937	6.318	0.03	0.043	7.815	0.002	8.918	6.304	0.03
0.044	5.673	0.002	8.899	6.291	0.02	0.045	2.745	0.002	8.881	6.278	0.02
0.046	-0.555	0.001	8.863	6.266	0.02	0.047	-3.764	0.001	8.845	6.253	0.01
0.048	-6.433	0.001	8.827	6.241	0.01	0.049	-8.190	0.001	8.810	6.229	0.01
0.050	-8.792	0.001	8.793	6.217	0.01	0.051	-8.159	0.001	8.777	6.206	0.01
0.052	-6.385	0.001	8.761	6.194	0.01	0.053	-3.723	0.000	8.745	6.183	0.01
0.054	-0.548	0.000	8.729	6.172	0.00	0.055	2.693	0.000	8.714	6.161	0.00
0.056	5.545	0.000	8.698	6.150	0.00	0.057	7.609	0.000	8.683	6.140	0.00
0.058	8.600	0.000	8.669	6.129	0.00	0.059	8.382	0.000	8.654	6.119	0.00
0.060	6.990	0.000	8.640	6.109	0.00	0.061	4.622	0.000	8.625	6.099	0.00

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 2
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

(Cont.)

3-Phase fault at bus : 230VAC/60HzADTA

Nominal kV = 0.230 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.062	1.614	0.000	8.612	6.089	0.00	0.063	-1.611	0.000	8.598	6.079	0.00
0.064	-4.600	0.000	8.584	6.070	0.00	0.065	-6.934	0.000	8.571	6.060	0.00
0.066	-8.289	0.000	8.558	6.051	0.00	0.067	-8.477	0.000	8.545	6.042	0.00
0.068	-7.476	0.000	8.532	6.033	0.00	0.069	-5.430	0.000	8.519	6.024	0.00
0.070	-2.629	0.000	8.507	6.015	0.00	0.071	0.533	0.000	8.494	6.006	0.00
0.072	3.611	0.000	8.482	5.998	0.00	0.073	6.174	0.000	8.470	5.989	0.00
0.074	7.864	0.000	8.458	5.981	0.00	0.075	8.446	0.000	8.446	5.972	0.00
0.076	7.842	0.000	8.435	5.964	0.00	0.077	6.140	0.000	8.423	5.956	0.00
0.078	3.582	0.000	8.412	5.948	0.00	0.079	0.527	0.000	8.400	5.940	0.00
0.080	-2.592	0.000	8.389	5.932	0.00	0.081	-5.341	0.000	8.378	5.924	0.00
0.082	-7.332	0.000	8.367	5.917	0.00	0.083	-8.291	0.000	8.357	5.909	0.00
0.084	-8.084	0.000	8.346	5.902	0.00	0.085	-6.744	0.000	8.335	5.894	0.00
0.086	-4.461	0.000	8.325	5.887	0.00	0.087	-1.558	0.000	8.315	5.879	0.00
0.088	1.556	0.000	8.304	5.872	0.00	0.089	4.444	0.000	8.294	5.865	0.00
0.090	6.702	0.000	8.284	5.858	0.00	0.091	8.014	0.000	8.274	5.851	0.00
0.092	8.199	0.000	8.265	5.844	0.00	0.093	7.234	0.000	8.255	5.837	0.00
0.094	5.256	0.000	8.245	5.830	0.00	0.095	2.545	0.000	8.236	5.823	0.00
0.096	-0.517	0.000	8.226	5.817	0.00	0.097	-3.498	0.000	8.217	5.810	0.00
0.098	-5.983	0.000	8.207	5.803	0.00	0.099	-7.622	0.000	8.198	5.797	0.00
0.100	-8.189	0.000	8.189	5.790	0.00	0.101	-7.606	0.000	8.180	5.784	0.00
t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	10.211	20.421	7.220	100.00	0.100	-1.716	6.481	16.613	7.165	63.96
0.200	1.069	4.177	14.234	7.112	41.53	0.300	5.817	2.731	12.717	7.061	27.35
0.400	9.835	1.812	11.728	7.012	18.27	0.500	11.070	1.219	11.070	6.965	12.38
0.600	8.750	0.832	10.619	6.920	8.50	0.700	3.581	0.576	10.302	6.877	5.92
0.800	-2.584	0.403	10.071	6.836	4.17	0.900	-7.489	0.286	9.897	6.796	2.98
1.000	-9.352	0.205	9.762	6.758	2.15	1.100	-7.541	0.149	9.654	6.721	1.57

Project: Balıkcı_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 3
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

3-Phase fault at bus : 230VAC/60Hz ADT B

Nominal kV = 0.230 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	10.211	20.421	7.220	100.00	0.001	-1.691	7.759	17.922	7.186	76.34
0.002	-1.446	5.929	16.046	7.154	58.60	0.003	0.266	4.555	14.627	7.122	45.22
0.004	2.888	3.518	13.546	7.091	35.08	0.005	5.817	2.731	12.717	7.061	27.35
0.006	8.470	2.132	12.075	7.031	21.44	0.007	10.350	1.672	11.575	7.002	16.88
0.008	11.104	1.318	11.182	6.974	13.37	0.009	10.561	1.045	10.869	6.947	10.63
0.010	8.750	0.832	10.619	6.920	8.50	0.011	5.890	0.666	10.416	6.894	6.83
0.012	2.356	0.536	10.250	6.869	5.51	0.013	-1.381	0.433	10.112	6.844	4.47
0.014	-4.817	0.351	9.996	6.820	3.64	0.015	-7.489	0.286	9.897	6.796	2.98
0.016	-9.043	0.234	9.812	6.773	2.44	0.017	-9.279	0.192	9.739	6.750	2.01
0.018	-8.180	0.159	9.674	6.728	1.67	0.019	-5.915	0.131	9.616	6.707	1.38
0.020	-2.813	0.109	9.564	6.685	1.15	0.021	0.682	0.091	9.516	6.665	0.96
0.022	4.077	0.076	9.472	6.645	0.80	0.023	6.893	0.063	9.432	6.625	0.67
0.024	8.739	0.053	9.395	6.606	0.57	0.025	9.359	0.044	9.359	6.587	0.48
0.026	8.674	0.037	9.326	6.568	0.40	0.027	6.784	0.032	9.295	6.550	0.34
0.028	3.960	0.027	9.265	6.532	0.29	0.029	0.601	0.022	9.236	6.515	0.24
0.030	-2.821	0.019	9.208	6.498	0.21	0.031	-5.826	0.016	9.182	6.481	0.18
0.032	-7.998	0.014	9.156	6.465	0.15	0.033	-9.037	0.012	9.132	6.449	0.13
0.034	-8.802	0.010	9.108	6.433	0.11	0.035	-7.334	0.008	9.084	6.418	0.09
0.036	-4.845	0.007	9.062	6.403	0.08	0.037	-1.687	0.006	9.040	6.388	0.07
0.038	1.694	0.005	9.018	6.373	0.06	0.039	4.823	0.004	8.997	6.359	0.05
0.040	7.263	0.004	8.977	6.345	0.04	0.041	8.675	0.003	8.957	6.331	0.04
0.042	8.867	0.003	8.937	6.318	0.03	0.043	7.815	0.002	8.918	6.304	0.03
0.044	5.673	0.002	8.899	6.291	0.02	0.045	2.745	0.002	8.881	6.278	0.02
0.046	-0.555	0.001	8.863	6.266	0.02	0.047	-3.764	0.001	8.845	6.253	0.01
0.048	-6.433	0.001	8.827	6.241	0.01	0.049	-8.190	0.001	8.810	6.229	0.01
0.050	-8.792	0.001	8.793	6.217	0.01	0.051	-8.159	0.001	8.777	6.206	0.01
0.052	-6.385	0.001	8.761	6.194	0.01	0.053	-3.723	0.000	8.745	6.183	0.01
0.054	-0.548	0.000	8.729	6.172	0.00	0.055	2.693	0.000	8.714	6.161	0.00
0.056	5.545	0.000	8.698	6.150	0.00	0.057	7.609	0.000	8.683	6.140	0.00
0.058	8.600	0.000	8.669	6.129	0.00	0.059	8.382	0.000	8.654	6.119	0.00
0.060	6.990	0.000	8.640	6.109	0.00	0.061	4.622	0.000	8.625	6.099	0.00
0.062	1.614	0.000	8.612	6.089	0.00	0.063	-1.611	0.000	8.598	6.079	0.00
0.064	-4.600	0.000	8.584	6.070	0.00	0.065	-6.934	0.000	8.571	6.060	0.00

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 4
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

(Cont.)

3-Phase fault at bus : 230VAC/60Hz ADT B

Nominal kV = 0.230 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.066	-8.289	0.000	8.558	6.051	0.00	0.067	-8.477	0.000	8.545	6.042	0.00
0.068	-7.476	0.000	8.532	6.033	0.00	0.069	-5.430	0.000	8.519	6.024	0.00
0.070	-2.629	0.000	8.507	6.015	0.00	0.071	0.533	0.000	8.494	6.006	0.00
0.072	3.611	0.000	8.482	5.998	0.00	0.073	6.174	0.000	8.470	5.989	0.00
0.074	7.864	0.000	8.458	5.981	0.00	0.075	8.446	0.000	8.446	5.972	0.00
0.076	7.842	0.000	8.435	5.964	0.00	0.077	6.140	0.000	8.423	5.956	0.00
0.078	3.582	0.000	8.412	5.948	0.00	0.079	0.527	0.000	8.400	5.940	0.00
0.080	-2.592	0.000	8.389	5.932	0.00	0.081	-5.341	0.000	8.378	5.924	0.00
0.082	-7.332	0.000	8.367	5.917	0.00	0.083	-8.291	0.000	8.357	5.909	0.00
0.084	-8.084	0.000	8.346	5.902	0.00	0.085	-6.744	0.000	8.335	5.894	0.00
0.086	-4.461	0.000	8.325	5.887	0.00	0.087	-1.558	0.000	8.315	5.879	0.00
0.088	1.556	0.000	8.304	5.872	0.00	0.089	4.444	0.000	8.294	5.865	0.00
0.090	6.702	0.000	8.284	5.858	0.00	0.091	8.014	0.000	8.274	5.851	0.00
0.092	8.199	0.000	8.265	5.844	0.00	0.093	7.234	0.000	8.255	5.837	0.00
0.094	5.256	0.000	8.245	5.830	0.00	0.095	2.545	0.000	8.236	5.823	0.00
0.096	-0.517	0.000	8.226	5.817	0.00	0.097	-3.498	0.000	8.217	5.810	0.00
0.098	-5.983	0.000	8.207	5.803	0.00	0.099	-7.622	0.000	8.198	5.797	0.00
0.100	-8.189	0.000	8.189	5.790	0.00	0.101	-7.606	0.000	8.180	5.784	0.00
t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	10.211	20.421	7.220	100.00	0.100	-1.716	6.481	16.613	7.165	63.96
0.200	1.069	4.177	14.234	7.112	41.53	0.300	5.817	2.731	12.717	7.061	27.35
0.400	9.835	1.812	11.728	7.012	18.27	0.500	11.070	1.219	11.070	6.965	12.38
0.600	8.750	0.832	10.619	6.920	8.50	0.700	3.581	0.576	10.302	6.877	5.92
0.800	-2.584	0.403	10.071	6.836	4.17	0.900	-7.489	0.286	9.897	6.796	2.98
1.000	-9.352	0.205	9.762	6.758	2.15	1.100	-7.541	0.149	9.654	6.721	1.57

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 5
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config: Shaft

3-Phase fault at bus : 230VAC/60HzADT1.1

Nominal kV = 0.230

Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	4.841	9.681	3.423	100.00	0.001	-2.142	2.340	7.160	3.408	48.54
0.002	-2.273	1.226	6.027	3.394	25.55	0.003	-1.347	0.688	5.469	3.381	14.40
0.004	0.114	0.413	5.175	3.367	8.67	0.005	1.729	0.263	5.007	3.354	5.54
0.006	3.189	0.176	4.902	3.342	3.73	0.007	4.249	0.123	4.832	3.329	2.62
0.008	4.743	0.089	4.780	3.317	1.90	0.009	4.594	0.066	4.740	3.305	1.41
0.010	3.818	0.050	4.708	3.294	1.07	0.011	2.526	0.038	4.680	3.283	0.82
0.012	0.896	0.029	4.656	3.272	0.64	0.013	-0.841	0.023	4.635	3.261	0.50
0.014	-2.445	0.018	4.615	3.251	0.39	0.015	-3.693	0.014	4.597	3.240	0.31
0.016	-4.414	0.011	4.580	3.230	0.25	0.017	-4.510	0.009	4.564	3.221	0.20
0.018	-3.972	0.007	4.548	3.211	0.16	0.019	-2.880	0.006	4.534	3.202	0.13
0.020	-1.391	0.005	4.519	3.193	0.10	0.021	0.286	0.004	4.506	3.184	0.08
0.022	1.915	0.003	4.493	3.175	0.07	0.023	3.267	0.002	4.480	3.166	0.05
0.024	4.154	0.002	4.468	3.158	0.04	0.025	4.456	0.002	4.456	3.150	0.03
0.026	4.132	0.001	4.444	3.142	0.03	0.027	3.232	0.001	4.433	3.134	0.02
0.028	1.883	0.001	4.422	3.126	0.02	0.029	0.278	0.001	4.411	3.119	0.01
0.030	-1.359	0.001	4.400	3.111	0.01	0.031	-2.798	0.000	4.390	3.104	0.01
0.032	-3.838	0.000	4.380	3.097	0.01	0.033	-4.335	0.000	4.370	3.090	0.01
0.034	-4.223	0.000	4.360	3.083	0.00	0.035	-3.520	0.000	4.351	3.076	0.00
0.036	-2.326	0.000	4.341	3.070	0.00	0.037	-0.812	0.000	4.332	3.063	0.00
0.038	0.810	0.000	4.323	3.057	0.00	0.039	2.312	0.000	4.314	3.051	0.00
0.040	3.483	0.000	4.306	3.045	0.00	0.041	4.162	0.000	4.297	3.039	0.00
0.042	4.255	0.000	4.289	3.033	0.00	0.043	3.751	0.000	4.281	3.027	0.00
0.044	2.723	0.000	4.273	3.021	0.00	0.045	1.318	0.000	4.265	3.016	0.00
0.046	-0.267	0.000	4.257	3.010	0.00	0.047	-1.809	0.000	4.249	3.005	0.00
0.048	-3.092	0.000	4.242	2.999	0.00	0.049	-3.937	0.000	4.234	2.994	0.00
0.050	-4.227	0.000	4.227	2.989	0.00	0.051	-3.923	0.000	4.220	2.984	0.00
0.052	-3.071	0.000	4.213	2.979	0.00	0.053	-1.791	0.000	4.206	2.974	0.00
0.054	-0.264	0.000	4.199	2.969	0.00	0.055	1.295	0.000	4.192	2.964	0.00
0.056	2.668	0.000	4.185	2.959	0.00	0.057	3.662	0.000	4.179	2.955	0.00
0.058	4.139	0.000	4.172	2.950	0.00	0.059	4.035	0.000	4.166	2.946	0.00
0.060	3.365	0.000	4.159	2.941	0.00	0.061	2.225	0.000	4.153	2.937	0.00
0.062	0.777	0.000	4.147	2.932	0.00	0.063	-0.776	0.000	4.141	2.928	0.00
0.064	-2.216	0.000	4.135	2.924	0.00	0.065	-3.340	0.000	4.129	2.920	0.00

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 6
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

(Cont.)

3-Phase fault at bus : 230VAC/60HzADT1.1

Nominal kV = 0.230 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.066	-3.993	0.000	4.123	2.915	0.00	0.067	-4.085	0.000	4.117	2.911	0.00
0.068	-3.603	0.000	4.112	2.907	0.00	0.069	-2.617	0.000	4.106	2.903	0.00
0.070	-1.267	0.000	4.100	2.899	0.00	0.071	0.257	0.000	4.095	2.895	0.00
0.072	1.741	0.000	4.089	2.892	0.00	0.073	2.977	0.000	4.084	2.888	0.00
0.074	3.792	0.000	4.079	2.884	0.00	0.075	4.073	0.000	4.073	2.880	0.00
0.076	3.782	0.000	4.068	2.877	0.00	0.077	2.962	0.000	4.063	2.873	0.00
0.078	1.728	0.000	4.058	2.869	0.00	0.079	0.254	0.000	4.053	2.866	0.00
0.080	-1.251	0.000	4.048	2.862	0.00	0.081	-2.577	0.000	4.043	2.859	0.00
0.082	-3.538	0.000	4.038	2.855	0.00	0.083	-4.001	0.000	4.033	2.852	0.00
0.084	-3.902	0.000	4.028	2.848	0.00	0.085	-3.255	0.000	4.024	2.845	0.00
0.086	-2.153	0.000	4.019	2.842	0.00	0.087	-0.752	0.000	4.014	2.838	0.00
0.088	0.751	0.000	4.010	2.835	0.00	0.089	2.146	0.000	4.005	2.832	0.00
0.090	3.236	0.000	4.000	2.829	0.00	0.091	3.870	0.000	3.996	2.825	0.00
0.092	3.960	0.000	3.991	2.822	0.00	0.093	3.494	0.000	3.987	2.819	0.00
0.094	2.539	0.000	3.983	2.816	0.00	0.095	1.229	0.000	3.978	2.813	0.00
0.096	-0.250	0.000	3.974	2.810	0.00	0.097	-1.690	0.000	3.970	2.807	0.00
0.098	-2.891	0.000	3.965	2.804	0.00	0.099	-3.683	0.000	3.961	2.801	0.00
0.100	-3.957	0.000	3.957	2.798	0.00	0.101	-3.675	0.000	3.953	2.795	0.00
t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	4.841	9.681	3.423	100.00	0.100	-2.380	1.509	6.316	3.399	31.40
0.200	-0.899	0.576	5.351	3.376	12.07	0.300	1.729	0.263	5.007	3.354	5.54
0.400	3.952	0.138	4.852	3.333	2.93	0.500	4.766	0.080	4.766	3.313	1.71
0.600	3.818	0.050	4.708	3.294	1.07	0.700	1.463	0.032	4.664	3.275	0.69
0.800	-1.402	0.021	4.628	3.257	0.46	0.900	-3.693	0.014	4.597	3.240	0.31
1.000	-4.549	0.010	4.569	3.224	0.21	1.100	-3.664	0.007	4.543	3.208	0.15

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 7
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

3-Phase fault at bus : 230VAC/60Hz EDT

Nominal kV = 0.230

Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	6.307	12.615	4.460	100.00	0.001	-2.045	3.794	10.074	4.441	60.41
0.002	-2.223	2.336	8.590	4.422	37.35	0.003	-1.184	1.468	7.696	4.404	23.56
0.004	0.551	0.940	7.144	4.387	15.16	0.005	2.523	0.614	6.793	4.369	9.93
0.006	4.332	0.408	6.563	4.353	6.63	0.007	5.650	0.276	6.408	4.336	4.50
0.008	6.251	0.190	6.299	4.320	3.10	0.009	6.029	0.132	6.220	4.305	2.17
0.010	5.001	0.094	6.160	4.290	1.54	0.011	3.306	0.067	6.112	4.275	1.11
0.012	1.177	0.048	6.073	4.260	0.80	0.013	-1.090	0.035	6.040	4.246	0.59
0.014	-3.181	0.026	6.012	4.232	0.43	0.015	-4.808	0.019	5.986	4.219	0.32
0.016	-5.747	0.014	5.962	4.206	0.24	0.017	-5.872	0.011	5.941	4.193	0.18
0.018	-5.173	0.008	5.920	4.180	0.14	0.019	-3.751	0.006	5.901	4.168	0.10
0.020	-1.812	0.005	5.882	4.156	0.08	0.021	0.372	0.004	5.865	4.145	0.06
0.022	2.491	0.003	5.848	4.133	0.05	0.023	4.251	0.002	5.831	4.122	0.04
0.024	5.407	0.002	5.815	4.111	0.03	0.025	5.800	0.001	5.800	4.100	0.02
0.026	5.379	0.001	5.785	4.090	0.02	0.027	4.206	0.001	5.770	4.080	0.01
0.028	2.451	0.001	5.756	4.070	0.01	0.029	0.361	0.000	5.742	4.060	0.01
0.030	-1.770	0.000	5.728	4.050	0.01	0.031	-3.642	0.000	5.715	4.041	0.00
0.032	-4.996	0.000	5.701	4.031	0.00	0.033	-5.643	0.000	5.689	4.022	0.00
0.034	-5.497	0.000	5.676	4.013	0.00	0.035	-4.582	0.000	5.664	4.005	0.00
0.036	-3.028	0.000	5.651	3.996	0.00	0.037	-1.057	0.000	5.640	3.988	0.00
0.038	1.055	0.000	5.628	3.980	0.00	0.039	3.010	0.000	5.617	3.971	0.00
0.040	4.535	0.000	5.605	3.964	0.00	0.041	5.419	0.000	5.594	3.956	0.00
0.042	5.539	0.000	5.583	3.948	0.00	0.043	4.884	0.000	5.573	3.941	0.00
0.044	3.546	0.000	5.562	3.933	0.00	0.045	1.716	0.000	5.552	3.926	0.00
0.046	-0.348	0.000	5.542	3.919	0.00	0.047	-2.355	0.000	5.532	3.912	0.00
0.048	-4.026	0.000	5.522	3.905	0.00	0.049	-5.126	0.000	5.513	3.898	0.00
0.050	-5.503	0.000	5.503	3.892	0.00	0.051	-5.108	0.000	5.494	3.885	0.00
0.052	-3.998	0.000	5.485	3.879	0.00	0.053	-2.332	0.000	5.476	3.872	0.00
0.054	-0.343	0.000	5.467	3.866	0.00	0.055	1.687	0.000	5.459	3.860	0.00
0.056	3.474	0.000	5.450	3.854	0.00	0.057	4.768	0.000	5.441	3.848	0.00
0.058	5.390	0.000	5.433	3.842	0.00	0.059	5.254	0.000	5.425	3.836	0.00
0.060	4.382	0.000	5.417	3.830	0.00	0.061	2.898	0.000	5.409	3.825	0.00
0.062	1.012	0.000	5.401	3.819	0.00	0.063	-1.011	0.000	5.393	3.814	0.00
0.064	-2.886	0.000	5.386	3.808	0.00	0.065	-4.351	0.000	5.378	3.803	0.00

Project: Balıkcı_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 8
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

(Cont.)

3-Phase fault at bus : 230VAC/60Hz EDT

Nominal kV = 0.230 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.066	-5.202	0.000	5.371	3.798	0.00	0.067	-5.321	0.000	5.363	3.792	0.00
0.068	-4.693	0.000	5.356	3.787	0.00	0.069	-3.409	0.000	5.349	3.782	0.00
0.070	-1.651	0.000	5.342	3.777	0.00	0.071	0.335	0.000	5.335	3.772	0.00
0.072	2.268	0.000	5.328	3.767	0.00	0.073	3.879	0.000	5.321	3.762	0.00
0.074	4.941	0.000	5.314	3.758	0.00	0.075	5.307	0.000	5.307	3.753	0.00
0.076	4.928	0.000	5.301	3.748	0.00	0.077	3.859	0.000	5.294	3.744	0.00
0.078	2.251	0.000	5.288	3.739	0.00	0.079	0.332	0.000	5.281	3.734	0.00
0.080	-1.630	0.000	5.275	3.730	0.00	0.081	-3.358	0.000	5.269	3.726	0.00
0.082	-4.612	0.000	5.263	3.721	0.00	0.083	-5.215	0.000	5.256	3.717	0.00
0.084	-5.085	0.000	5.250	3.713	0.00	0.085	-4.243	0.000	5.244	3.708	0.00
0.086	-2.807	0.000	5.238	3.704	0.00	0.087	-0.980	0.000	5.232	3.700	0.00
0.088	0.979	0.000	5.227	3.696	0.00	0.089	2.797	0.000	5.221	3.692	0.00
0.090	4.219	0.000	5.215	3.688	0.00	0.091	5.046	0.000	5.209	3.684	0.00
0.092	5.163	0.000	5.204	3.680	0.00	0.093	4.555	0.000	5.198	3.676	0.00
0.094	3.310	0.000	5.193	3.672	0.00	0.095	1.603	0.000	5.187	3.668	0.00
0.096	-0.325	0.000	5.182	3.664	0.00	0.097	-2.204	0.000	5.176	3.660	0.00
0.098	-3.769	0.000	5.171	3.656	0.00	0.099	-4.803	0.000	5.166	3.653	0.00
0.100	-5.160	0.000	5.160	3.649	0.00	0.101	-4.793	0.000	5.155	3.645	0.00
t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	6.307	12.615	4.460	100.00	0.100	-2.327	2.739	9.002	4.428	43.74
0.200	-0.660	1.263	7.483	4.398	20.30	0.300	2.523	0.614	6.793	4.369	9.93
0.400	5.281	0.314	6.454	4.342	5.11	0.500	6.270	0.168	6.270	4.315	2.75
0.600	5.001	0.094	6.160	4.290	1.54	0.700	1.918	0.054	6.086	4.265	0.89
0.800	-1.822	0.032	6.030	4.242	0.53	0.900	-4.808	0.019	5.986	4.219	0.32
1.000	-5.924	0.012	5.948	4.197	0.20	1.100	-4.771	0.007	5.914	4.176	0.12

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
12.6.0H

Study Case: SC

Page: 9
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config: Shaft

3-Phase fault at bus : 440VAC/60Hz ADT A

Nominal kV = 0.440 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	6.232	12.465	4.407	100.00	0.001	-0.782	4.985	11.188	4.386	80.37
0.002	-0.492	4.009	10.184	4.366	64.93	0.003	0.624	3.241	9.388	4.346	52.73
0.004	2.249	2.634	8.753	4.327	43.04	0.005	4.034	2.151	8.245	4.309	35.30
0.006	5.634	1.766	7.834	4.291	29.11	0.007	6.753	1.457	7.500	4.273	24.12
0.008	7.180	1.209	7.227	4.256	20.08	0.009	6.814	1.008	7.002	4.239	16.81
0.010	5.675	0.844	6.816	4.222	14.14	0.011	3.898	0.711	6.659	4.206	11.95
0.012	1.712	0.601	6.528	4.191	10.15	0.013	-0.595	0.511	6.416	4.176	8.65
0.014	-2.717	0.436	6.320	4.161	7.41	0.015	-4.370	0.374	6.238	4.146	6.38
0.016	-5.338	0.322	6.166	4.132	5.51	0.017	-5.500	0.278	6.102	4.118	4.78
0.018	-4.846	0.241	6.046	4.105	4.16	0.019	-3.479	0.210	5.996	4.092	3.63
0.020	-1.599	0.183	5.951	4.079	3.18	0.021	0.521	0.160	5.911	4.066	2.79
0.022	2.582	0.141	5.874	4.054	2.45	0.023	4.290	0.124	5.840	4.042	2.16
0.024	5.408	0.109	5.808	4.030	1.91	0.025	5.779	0.096	5.779	4.019	1.69
0.026	5.354	0.085	5.752	4.007	1.50	0.027	4.195	0.075	5.727	3.996	1.33
0.028	2.467	0.067	5.703	3.986	1.19	0.029	0.412	0.059	5.681	3.975	1.06
0.030	-1.680	0.053	5.660	3.965	0.94	0.031	-3.518	0.047	5.640	3.955	0.84
0.032	-4.847	0.042	5.621	3.945	0.75	0.033	-5.484	0.037	5.602	3.935	0.67
0.034	-5.344	0.033	5.585	3.926	0.60	0.035	-4.451	0.030	5.568	3.916	0.54
0.036	-2.934	0.027	5.552	3.907	0.48	0.037	-1.009	0.024	5.537	3.898	0.43
0.038	1.052	0.021	5.522	3.889	0.39	0.039	2.960	0.019	5.507	3.881	0.35
0.040	4.447	0.017	5.493	3.872	0.31	0.041	5.308	0.015	5.480	3.864	0.28
0.042	5.424	0.014	5.467	3.856	0.25	0.043	4.781	0.012	5.454	3.848	0.22
0.044	3.473	0.011	5.442	3.840	0.20	0.045	1.685	0.010	5.430	3.832	0.18
0.046	-0.331	0.009	5.418	3.825	0.16	0.047	-2.291	0.008	5.407	3.817	0.15
0.048	-3.921	0.007	5.395	3.810	0.13	0.049	-4.994	0.006	5.385	3.803	0.12
0.050	-5.363	0.006	5.374	3.796	0.10	0.051	-4.977	0.005	5.364	3.789	0.09
0.052	-3.895	0.005	5.353	3.782	0.08	0.053	-2.269	0.004	5.343	3.775	0.08
0.054	-0.331	0.004	5.334	3.769	0.07	0.055	1.647	0.003	5.324	3.762	0.06
0.056	3.389	0.003	5.315	3.756	0.06	0.057	4.650	0.003	5.305	3.750	0.05
0.058	5.255	0.002	5.296	3.743	0.04	0.059	5.121	0.002	5.288	3.737	0.04
0.060	4.271	0.002	5.279	3.731	0.04	0.061	2.825	0.002	5.270	3.725	0.03
0.062	0.987	0.002	5.262	3.720	0.03	0.063	-0.983	0.001	5.253	3.714	0.03
0.064	-2.809	0.001	5.245	3.708	0.02	0.065	-4.235	0.001	5.237	3.703	0.02

Project: Balıkei_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 10
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

(Cont.)

3-Phase fault at bus : 440VAC/60Hz ADT A

Nominal kV = 0.440 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.066	-5.063	0.001	5.229	3.697	0.02	0.067	-5.179	0.001	5.221	3.692	0.02
0.068	-4.567	0.001	5.214	3.686	0.02	0.069	-3.317	0.001	5.206	3.681	0.01
0.070	-1.606	0.001	5.199	3.676	0.01	0.071	0.326	0.001	5.191	3.670	0.01
0.072	2.208	0.001	5.184	3.665	0.01	0.073	3.774	0.000	5.177	3.660	0.01
0.074	4.807	0.000	5.170	3.655	0.01	0.075	5.163	0.000	5.163	3.650	0.01
0.076	4.794	0.000	5.156	3.646	0.01	0.077	3.754	0.000	5.149	3.641	0.01
0.078	2.190	0.000	5.142	3.636	0.01	0.079	0.323	0.000	5.136	3.631	0.00
0.080	-1.585	0.000	5.129	3.627	0.00	0.081	-3.265	0.000	5.123	3.622	0.00
0.082	-4.483	0.000	5.116	3.618	0.00	0.083	-5.069	0.000	5.110	3.613	0.00
0.084	-4.943	0.000	5.103	3.609	0.00	0.085	-4.124	0.000	5.097	3.604	0.00
0.086	-2.728	0.000	5.091	3.600	0.00	0.087	-0.953	0.000	5.085	3.596	0.00
0.088	0.952	0.000	5.079	3.591	0.00	0.089	2.718	0.000	5.073	3.587	0.00
0.090	4.099	0.000	5.067	3.583	0.00	0.091	4.902	0.000	5.061	3.579	0.00
0.092	5.016	0.000	5.056	3.575	0.00	0.093	4.425	0.000	5.050	3.571	0.00
0.094	3.215	0.000	5.044	3.567	0.00	0.095	1.557	0.000	5.038	3.563	0.00
0.096	-0.316	0.000	5.033	3.559	0.00	0.097	-2.141	0.000	5.027	3.555	0.00
0.098	-3.661	0.000	5.022	3.551	0.00	0.099	-4.664	0.000	5.017	3.547	0.00
0.100	-5.011	0.000	5.011	3.543	0.00	0.101	-4.654	0.000	5.006	3.540	0.00

t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	6.232	12.465	4.407	100.00	0.100	-0.694	4.309	10.492	4.373	69.67
0.200	1.126	3.023	9.160	4.340	49.25	0.300	4.034	2.151	8.245	4.309	35.30
0.400	6.448	1.553	7.604	4.279	25.66	0.500	7.147	1.137	7.147	4.250	18.92
0.600	5.675	0.844	6.816	4.222	14.14	0.700	2.469	0.635	6.569	4.196	10.71
0.800	-1.338	0.485	6.383	4.171	8.22	0.900	-4.370	0.374	6.238	4.146	6.38
1.000	-5.539	0.292	6.123	4.123	5.01	1.100	-4.461	0.230	6.029	4.100	3.97

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 11
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

3-Phase fault at bus : 440VAC/60Hz ADT B

Nominal kV = 0.440

Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	6.232	12.465	4.407	100.00	0.001	-0.782	4.985	11.188	4.386	80.37
0.002	-0.492	4.009	10.184	4.366	64.93	0.003	0.624	3.241	9.388	4.346	52.73
0.004	2.249	2.634	8.753	4.327	43.04	0.005	4.034	2.151	8.245	4.309	35.30
0.006	5.634	1.766	7.834	4.291	29.11	0.007	6.753	1.457	7.500	4.273	24.12
0.008	7.180	1.209	7.227	4.256	20.08	0.009	6.814	1.008	7.002	4.239	16.81
0.010	5.675	0.844	6.816	4.222	14.14	0.011	3.898	0.711	6.659	4.206	11.95
0.012	1.712	0.601	6.528	4.191	10.15	0.013	-0.595	0.511	6.416	4.176	8.65
0.014	-2.717	0.436	6.320	4.161	7.41	0.015	-4.370	0.374	6.238	4.146	6.38
0.016	-5.338	0.322	6.166	4.132	5.51	0.017	-5.500	0.278	6.102	4.118	4.78
0.018	-4.846	0.241	6.046	4.105	4.16	0.019	-3.479	0.210	5.996	4.092	3.63
0.020	-1.599	0.183	5.951	4.079	3.18	0.021	0.521	0.160	5.911	4.066	2.79
0.022	2.582	0.141	5.874	4.054	2.45	0.023	4.290	0.124	5.840	4.042	2.16
0.024	5.408	0.109	5.808	4.030	1.91	0.025	5.779	0.096	5.779	4.019	1.69
0.026	5.354	0.085	5.752	4.007	1.50	0.027	4.195	0.075	5.727	3.996	1.33
0.028	2.467	0.067	5.703	3.986	1.19	0.029	0.412	0.059	5.681	3.975	1.06
0.030	-1.680	0.053	5.660	3.965	0.94	0.031	-3.518	0.047	5.640	3.955	0.84
0.032	-4.847	0.042	5.621	3.945	0.75	0.033	-5.484	0.037	5.602	3.935	0.67
0.034	-5.344	0.033	5.585	3.926	0.60	0.035	-4.451	0.030	5.568	3.916	0.54
0.036	-2.934	0.027	5.552	3.907	0.48	0.037	-1.009	0.024	5.537	3.898	0.43
0.038	1.052	0.021	5.522	3.889	0.39	0.039	2.960	0.019	5.507	3.881	0.35
0.040	4.447	0.017	5.493	3.872	0.31	0.041	5.308	0.015	5.480	3.864	0.28
0.042	5.424	0.014	5.467	3.856	0.25	0.043	4.781	0.012	5.454	3.848	0.22
0.044	3.473	0.011	5.442	3.840	0.20	0.045	1.685	0.010	5.430	3.832	0.18
0.046	-0.331	0.009	5.418	3.825	0.16	0.047	-2.291	0.008	5.407	3.817	0.15
0.048	-3.921	0.007	5.395	3.810	0.13	0.049	-4.994	0.006	5.385	3.803	0.12
0.050	-5.363	0.006	5.374	3.796	0.10	0.051	-4.977	0.005	5.364	3.789	0.09
0.052	-3.895	0.005	5.353	3.782	0.08	0.053	-2.269	0.004	5.343	3.775	0.08
0.054	-0.331	0.004	5.334	3.769	0.07	0.055	1.647	0.003	5.324	3.762	0.06
0.056	3.389	0.003	5.315	3.756	0.06	0.057	4.650	0.003	5.305	3.750	0.05
0.058	5.255	0.002	5.296	3.743	0.04	0.059	5.121	0.002	5.288	3.737	0.04
0.060	4.271	0.002	5.279	3.731	0.04	0.061	2.825	0.002	5.270	3.725	0.03
0.062	0.987	0.002	5.262	3.720	0.03	0.063	-0.983	0.001	5.253	3.714	0.03
0.064	-2.809	0.001	5.245	3.708	0.02	0.065	-4.235	0.001	5.237	3.703	0.02

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 12
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

(Cont.)

3-Phase fault at bus : 440VAC/60Hz ADT B

Nominal kV = 0.440 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.066	-5.063	0.001	5.229	3.697	0.02	0.067	-5.179	0.001	5.221	3.692	0.02
0.068	-4.567	0.001	5.214	3.686	0.02	0.069	-3.317	0.001	5.206	3.681	0.01
0.070	-1.606	0.001	5.199	3.676	0.01	0.071	0.326	0.001	5.191	3.670	0.01
0.072	2.208	0.001	5.184	3.665	0.01	0.073	3.774	0.000	5.177	3.660	0.01
0.074	4.807	0.000	5.170	3.655	0.01	0.075	5.163	0.000	5.163	3.650	0.01
0.076	4.794	0.000	5.156	3.646	0.01	0.077	3.754	0.000	5.149	3.641	0.01
0.078	2.190	0.000	5.142	3.636	0.01	0.079	0.323	0.000	5.136	3.631	0.00
0.080	-1.585	0.000	5.129	3.627	0.00	0.081	-3.265	0.000	5.123	3.622	0.00
0.082	-4.483	0.000	5.116	3.618	0.00	0.083	-5.069	0.000	5.110	3.613	0.00
0.084	-4.943	0.000	5.103	3.609	0.00	0.085	-4.124	0.000	5.097	3.604	0.00
0.086	-2.728	0.000	5.091	3.600	0.00	0.087	-0.953	0.000	5.085	3.596	0.00
0.088	0.952	0.000	5.079	3.591	0.00	0.089	2.718	0.000	5.073	3.587	0.00
0.090	4.099	0.000	5.067	3.583	0.00	0.091	4.902	0.000	5.061	3.579	0.00
0.092	5.016	0.000	5.056	3.575	0.00	0.093	4.425	0.000	5.050	3.571	0.00
0.094	3.215	0.000	5.044	3.567	0.00	0.095	1.557	0.000	5.038	3.563	0.00
0.096	-0.316	0.000	5.033	3.559	0.00	0.097	-2.141	0.000	5.027	3.555	0.00
0.098	-3.661	0.000	5.022	3.551	0.00	0.099	-4.664	0.000	5.017	3.547	0.00
0.100	-5.011	0.000	5.011	3.543	0.00	0.101	-4.654	0.000	5.006	3.540	0.00
t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	6.232	12.465	4.407	100.00	0.100	-0.694	4.309	10.492	4.373	69.67
0.200	1.126	3.023	9.160	4.340	49.25	0.300	4.034	2.151	8.245	4.309	35.30
0.400	6.448	1.553	7.604	4.279	25.66	0.500	7.147	1.137	7.147	4.250	18.92
0.600	5.675	0.844	6.816	4.222	14.14	0.700	2.469	0.635	6.569	4.196	10.71
0.800	-1.338	0.485	6.383	4.171	8.22	0.900	-4.370	0.374	6.238	4.146	6.38
1.000	-5.539	0.292	6.123	4.123	5.01	1.100	-4.461	0.230	6.029	4.100	3.97

Project: Balıkcı_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 13
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

3-Phase fault at bus : 440VAC/60Hz DT

Nominal kV = 0.440 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	5.630	11.259	3.981	100.00	0.001	-0.972	4.238	9.842	3.962	75.64
0.002	-0.852	3.215	8.793	3.945	57.63	0.003	0.091	2.455	8.009	3.927	44.21
0.004	1.541	1.888	7.418	3.910	34.14	0.005	3.163	1.461	6.968	3.894	26.53
0.006	4.634	1.138	6.622	3.878	20.75	0.007	5.679	0.892	6.354	3.862	16.34
0.008	6.101	0.704	6.144	3.847	12.94	0.009	5.808	0.559	5.978	3.832	10.31
0.010	4.814	0.446	5.845	3.818	8.26	0.011	3.240	0.358	5.737	3.803	6.66
0.012	1.294	0.289	5.649	3.790	5.40	0.013	-0.766	0.235	5.575	3.776	4.40
0.014	-2.660	0.192	5.513	3.763	3.60	0.015	-4.134	0.157	5.461	3.750	2.96
0.016	-4.991	0.129	5.415	3.738	2.45	0.017	-5.120	0.107	5.376	3.726	2.03
0.018	-4.514	0.089	5.340	3.714	1.69	0.019	-3.263	0.074	5.309	3.702	1.41
0.020	-1.551	0.062	5.281	3.691	1.18	0.021	0.378	0.052	5.255	3.679	0.99
0.022	2.252	0.043	5.231	3.669	0.83	0.023	3.807	0.036	5.209	3.658	0.70
0.024	4.827	0.031	5.189	3.648	0.59	0.025	5.170	0.026	5.170	3.637	0.50
0.026	4.791	0.022	5.152	3.627	0.43	0.027	3.748	0.018	5.135	3.618	0.36
0.028	2.188	0.016	5.118	3.608	0.31	0.029	0.333	0.013	5.103	3.599	0.26
0.030	-1.558	0.011	5.088	3.590	0.22	0.031	-3.218	0.010	5.074	3.581	0.19
0.032	-4.419	0.008	5.060	3.572	0.16	0.033	-4.993	0.007	5.046	3.563	0.14
0.034	-4.864	0.006	5.033	3.555	0.12	0.035	-4.053	0.005	5.021	3.547	0.10
0.036	-2.677	0.004	5.009	3.539	0.09	0.037	-0.932	0.004	4.997	3.531	0.07
0.038	0.937	0.003	4.985	3.523	0.06	0.039	2.667	0.003	4.974	3.515	0.05
0.040	4.016	0.002	4.963	3.508	0.05	0.041	4.797	0.002	4.953	3.501	0.04
0.042	4.903	0.002	4.942	3.493	0.03	0.043	4.322	0.001	4.932	3.486	0.03
0.044	3.138	0.001	4.922	3.479	0.02	0.045	1.519	0.001	4.912	3.473	0.02
0.046	-0.307	0.001	4.902	3.466	0.02	0.047	-2.082	0.001	4.893	3.459	0.02
0.048	-3.559	0.001	4.884	3.453	0.01	0.049	-4.531	0.001	4.875	3.447	0.01
0.050	-4.865	0.000	4.866	3.440	0.01	0.051	-4.515	0.000	4.857	3.434	0.01
0.052	-3.534	0.000	4.848	3.428	0.01	0.053	-2.060	0.000	4.840	3.422	0.01
0.054	-0.303	0.000	4.832	3.416	0.01	0.055	1.491	0.000	4.823	3.411	0.00
0.056	3.070	0.000	4.815	3.405	0.00	0.057	4.213	0.000	4.808	3.399	0.00
0.058	4.762	0.000	4.800	3.394	0.00	0.059	4.642	0.000	4.792	3.388	0.00
0.060	3.871	0.000	4.784	3.383	0.00	0.061	2.560	0.000	4.777	3.378	0.00
0.062	0.894	0.000	4.770	3.373	0.00	0.063	-0.892	0.000	4.762	3.368	0.00
0.064	-2.548	0.000	4.755	3.362	0.00	0.065	-3.841	0.000	4.748	3.358	0.00

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 14
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

(Cont.)

3-Phase fault at bus : 440VAC/60Hz DT

Nominal kV = 0.440 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.066	-4.592	0.000	4.741	3.353	0.00	0.067	-4.697	0.000	4.735	3.348	0.00
0.068	-4.143	0.000	4.728	3.343	0.00	0.069	-3.009	0.000	4.721	3.338	0.00
0.070	-1.457	0.000	4.715	3.334	0.00	0.071	0.296	0.000	4.708	3.329	0.00
0.072	2.002	0.000	4.702	3.325	0.00	0.073	3.423	0.000	4.695	3.320	0.00
0.074	4.360	0.000	4.689	3.316	0.00	0.075	4.683	0.000	4.683	3.311	0.00
0.076	4.348	0.000	4.677	3.307	0.00	0.077	3.405	0.000	4.671	3.303	0.00
0.078	1.986	0.000	4.665	3.298	0.00	0.079	0.293	0.000	4.659	3.294	0.00
0.080	-1.438	0.000	4.653	3.290	0.00	0.081	-2.962	0.000	4.647	3.286	0.00
0.082	-4.067	0.000	4.642	3.282	0.00	0.083	-4.599	0.000	4.636	3.278	0.00
0.084	-4.485	0.000	4.630	3.274	0.00	0.085	-3.742	0.000	4.625	3.270	0.00
0.086	-2.475	0.000	4.619	3.266	0.00	0.087	-0.865	0.000	4.614	3.263	0.00
0.088	0.864	0.000	4.609	3.259	0.00	0.089	2.467	0.000	4.603	3.255	0.00
0.090	3.720	0.000	4.598	3.251	0.00	0.091	4.449	0.000	4.593	3.248	0.00
0.092	4.552	0.000	4.588	3.244	0.00	0.093	4.016	0.000	4.583	3.240	0.00
0.094	2.918	0.000	4.578	3.237	0.00	0.095	1.413	0.000	4.573	3.233	0.00
0.096	-0.287	0.000	4.568	3.230	0.00	0.097	-1.943	0.000	4.563	3.226	0.00
0.098	-3.323	0.000	4.558	3.223	0.00	0.099	-4.233	0.000	4.553	3.219	0.00
0.100	-4.548	0.000	4.548	3.216	0.00	0.101	-4.224	0.000	4.544	3.213	0.00

t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	5.630	11.259	3.981	100.00	0.100	-0.997	3.522	9.109	3.950	63.05
0.200	0.534	2.248	7.794	3.922	40.53	0.300	3.163	1.461	6.968	3.894	26.53
0.400	5.392	0.967	6.436	3.867	17.68	0.500	6.085	0.651	6.085	3.842	11.99
0.600	4.814	0.446	5.845	3.818	8.26	0.700	1.969	0.311	5.676	3.794	5.79
0.800	-1.429	0.219	5.553	3.772	4.11	0.900	-4.134	0.157	5.461	3.750	2.96
1.000	-5.161	0.114	5.388	3.730	2.16	1.100	-4.161	0.083	5.330	3.710	1.59

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 15
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

3-Phase fault at bus : 690VAC/60HzADTA

Nominal kV = 0.690 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	74.314	148.629	52.548	100.00	0.001	3.742	71.607	144.598	51.612	98.10
0.002	16.763	69.054	140.787	50.723	96.27	0.003	36.607	66.640	137.177	49.877	94.48
0.004	59.995	64.353	133.751	49.072	92.73	0.005	83.291	62.181	130.496	48.306	91.02
0.006	103.002	60.114	127.398	47.577	89.34	0.007	116.245	58.144	124.446	46.883	87.70
0.008	121.116	56.264	121.631	46.221	86.07	0.009	116.918	54.468	118.943	45.591	84.48
0.010	104.223	52.749	116.374	44.990	82.91	0.011	84.760	51.102	113.917	44.417	81.35
0.012	61.149	49.524	111.564	43.869	79.82	0.013	36.521	48.008	109.310	43.347	78.31
0.014	14.084	46.553	107.149	42.848	76.82	0.015	-3.324	45.153	105.075	42.371	75.35
0.016	-13.607	43.807	103.084	41.915	73.90	0.017	-15.685	42.512	101.172	41.479	72.47
0.018	-9.623	41.264	99.333	41.061	71.06	0.019	3.407	40.061	97.565	40.661	69.67
0.020	21.300	38.902	95.864	40.278	68.29	0.021	41.327	37.783	94.226	39.911	66.94
0.022	60.524	36.704	92.648	39.558	65.61	0.023	76.094	35.662	91.127	39.220	64.30
0.024	85.798	34.655	89.661	38.895	63.00	0.025	88.246	33.683	88.246	38.582	61.73
0.026	83.079	32.743	86.881	38.282	60.48	0.027	71.001	31.834	85.563	37.993	59.25
0.028	53.664	30.954	84.291	37.714	58.04	0.029	33.429	30.104	83.061	37.446	56.85
0.030	13.029	29.281	81.872	37.187	55.68	0.031	-4.813	28.484	80.722	36.938	54.53
0.032	-17.765	27.713	79.609	36.696	53.40	0.033	-24.195	26.965	78.533	36.463	52.29
0.034	-23.397	26.242	77.490	36.238	51.20	0.035	-15.671	25.540	76.480	36.020	50.14
0.036	-2.275	24.860	75.502	35.809	49.09	0.037	14.766	24.201	74.554	35.605	48.06
0.038	32.945	23.562	73.634	35.406	47.06	0.039	49.627	22.943	72.742	35.214	46.07
0.040	62.417	22.341	71.877	35.027	45.10	0.041	69.489	21.758	71.037	34.845	44.15
0.042	69.835	21.192	70.221	34.669	43.22	0.043	63.394	20.643	69.429	34.497	42.31
0.044	51.056	20.110	68.659	34.329	41.42	0.045	34.523	19.592	67.911	34.166	40.55
0.046	16.070	19.089	67.183	34.007	39.69	0.047	-1.783	18.601	66.475	33.852	38.85
0.048	-16.616	18.127	65.787	33.701	38.03	0.049	-26.452	17.666	65.116	33.552	37.23
0.050	-30.027	17.218	64.464	33.408	36.44	0.051	-26.958	16.783	63.829	33.266	35.67
0.052	-17.791	16.360	63.210	33.127	34.92	0.053	-3.916	15.949	62.606	32.992	34.18
0.054	12.632	15.550	62.019	32.859	33.46	0.055	29.464	15.161	61.445	32.728	32.76
0.056	44.170	14.783	60.886	32.600	32.07	0.057	54.660	14.415	60.341	32.474	31.39
0.058	59.448	14.058	59.809	32.351	30.73	0.059	57.857	13.710	59.289	32.229	30.08
0.060	50.109	13.372	58.782	32.110	29.45	0.061	37.285	13.042	58.286	31.992	28.83
0.062	21.169	12.722	57.802	31.877	28.22	0.063	3.993	12.410	57.329	31.763	27.63
0.064	-11.878	12.106	56.867	31.651	27.05	0.065	-24.275	11.810	56.415	31.540	26.48

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 16
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

(Cont.)

3-Phase fault at bus : 690VAC/60Hz ADT A

Nominal kV = 0.690 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.066	-31.531	11.523	55.973	31.431	25.92	0.067	-32.706	11.242	55.540	31.323	25.38
0.068	-27.717	10.969	55.117	31.217	24.85	0.069	-17.342	10.704	54.703	31.112	24.33
0.070	-3.106	10.445	54.298	31.009	23.82	0.071	12.937	10.193	53.901	30.906	23.32
0.072	28.496	9.947	53.512	30.805	22.83	0.073	41.362	9.708	53.131	30.705	22.36
0.074	49.719	9.475	52.758	30.606	21.89	0.075	52.393	9.247	52.393	30.508	21.43
0.076	49.014	9.026	52.034	30.411	20.99	0.077	40.063	8.810	51.683	30.316	20.55
0.078	26.797	8.600	51.338	30.221	20.12	0.079	11.070	8.395	51.000	30.127	19.70
0.080	-4.930	8.195	50.669	30.033	19.29	0.081	-18.990	8.000	50.343	29.941	18.89
0.082	-29.182	7.810	50.024	29.850	18.50	0.083	-34.128	7.625	49.710	29.759	18.12
0.084	-33.195	7.445	49.403	29.669	17.74	0.085	-26.574	7.269	49.100	29.580	17.38
0.086	-15.251	7.097	48.803	29.491	17.02	0.087	-0.862	6.929	48.512	29.403	16.66
0.088	14.535	6.766	48.225	29.316	16.32	0.089	28.756	6.607	47.944	29.230	15.98
0.090	39.795	6.451	47.667	29.144	15.65	0.091	46.104	6.300	47.395	29.058	15.33
0.092	46.804	6.152	47.127	28.974	15.01	0.093	41.810	6.008	46.864	28.890	14.70
0.094	31.835	5.867	46.605	28.806	14.40	0.095	18.282	5.730	46.350	28.723	14.11
0.096	3.053	5.596	46.100	28.641	13.82	0.097	-11.731	5.465	45.853	28.559	13.53
0.098	-24.020	5.338	45.611	28.477	13.25	0.099	-32.125	5.213	45.372	28.396	12.98
0.100	-34.953	5.092	45.137	28.316	12.72	0.101	-32.154	4.973	44.905	28.236	12.45
t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	74.314	148.629	52.548	100.00	0.100	11.522	69.889	142.034	51.014	96.87
0.200	44.187	65.864	136.015	49.604	93.89	0.300	83.291	62.181	130.496	48.306	91.02
0.400	112.691	58.790	125.415	47.111	88.24	0.500	120.722	55.657	120.722	46.008	85.54
0.600	104.223	52.749	116.374	44.990	82.91	0.700	69.293	50.043	112.337	44.049	80.33
0.800	28.647	47.517	108.580	43.178	77.82	0.900	-3.324	45.153	105.075	42.371	75.35
1.000	-15.924	42.938	101.801	41.622	72.95	1.100	-5.966	40.858	98.736	40.926	70.59

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 17
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

3-Phase fault at bus : 690VAC/60Hz ADT B

Nominal kV = 0.690 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	74.314	148.629	52.548	100.00	0.001	3.742	71.607	144.598	51.612	98.10
0.002	16.763	69.054	140.787	50.723	96.27	0.003	36.607	66.640	137.177	49.877	94.48
0.004	59.995	64.353	133.751	49.072	92.73	0.005	83.291	62.181	130.496	48.306	91.02
0.006	103.002	60.114	127.398	47.577	89.34	0.007	116.245	58.144	124.446	46.883	87.70
0.008	121.116	56.264	121.631	46.221	86.07	0.009	116.918	54.468	118.943	45.591	84.48
0.010	104.223	52.749	116.374	44.990	82.91	0.011	84.760	51.102	113.917	44.417	81.35
0.012	61.149	49.524	111.564	43.869	79.82	0.013	36.521	48.008	109.310	43.347	78.31
0.014	14.084	46.553	107.149	42.848	76.82	0.015	-3.324	45.153	105.075	42.371	75.35
0.016	-13.607	43.807	103.084	41.915	73.90	0.017	-15.685	42.512	101.172	41.479	72.47
0.018	-9.623	41.264	99.333	41.061	71.06	0.019	3.407	40.061	97.565	40.661	69.67
0.020	21.300	38.902	95.864	40.278	68.29	0.021	41.327	37.783	94.226	39.911	66.94
0.022	60.524	36.704	92.648	39.558	65.61	0.023	76.094	35.662	91.127	39.220	64.30
0.024	85.798	34.655	89.661	38.895	63.00	0.025	88.246	33.683	88.246	38.582	61.73
0.026	83.079	32.743	86.881	38.282	60.48	0.027	71.001	31.834	85.563	37.993	59.25
0.028	53.664	30.954	84.291	37.714	58.04	0.029	33.429	30.104	83.061	37.446	56.85
0.030	13.029	29.281	81.872	37.187	55.68	0.031	-4.813	28.484	80.722	36.938	54.53
0.032	-17.765	27.713	79.609	36.696	53.40	0.033	-24.195	26.965	78.533	36.463	52.29
0.034	-23.397	26.242	77.490	36.238	51.20	0.035	-15.671	25.540	76.480	36.020	50.14
0.036	-2.275	24.860	75.502	35.809	49.09	0.037	14.766	24.201	74.554	35.605	48.06
0.038	32.945	23.562	73.634	35.406	47.06	0.039	49.627	22.943	72.742	35.214	46.07
0.040	62.417	22.341	71.877	35.027	45.10	0.041	69.489	21.758	71.037	34.845	44.15
0.042	69.835	21.192	70.221	34.669	43.22	0.043	63.394	20.643	69.429	34.497	42.31
0.044	51.056	20.110	68.659	34.329	41.42	0.045	34.523	19.592	67.911	34.166	40.55
0.046	16.070	19.089	67.183	34.007	39.69	0.047	-1.783	18.601	66.475	33.852	38.85
0.048	-16.616	18.127	65.787	33.701	38.03	0.049	-26.452	17.666	65.116	33.552	37.23
0.050	-30.027	17.218	64.464	33.408	36.44	0.051	-26.958	16.783	63.829	33.266	35.67
0.052	-17.791	16.360	63.210	33.127	34.92	0.053	-3.916	15.949	62.606	32.992	34.18
0.054	12.632	15.550	62.019	32.859	33.46	0.055	29.464	15.161	61.445	32.728	32.76
0.056	44.170	14.783	60.886	32.600	32.07	0.057	54.660	14.415	60.341	32.474	31.39
0.058	59.448	14.058	59.809	32.351	30.73	0.059	57.857	13.710	59.289	32.229	30.08
0.060	50.109	13.372	58.782	32.110	29.45	0.061	37.285	13.042	58.286	31.992	28.83
0.062	21.169	12.722	57.802	31.877	28.22	0.063	3.993	12.410	57.329	31.763	27.63
0.064	-11.878	12.106	56.867	31.651	27.05	0.065	-24.275	11.810	56.415	31.540	26.48

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 18
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

(Cont.)

3-Phase fault at bus : 690VAC/60Hz ADT B

Nominal kV = 0.690 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.066	-31.531	11.523	55.973	31.431	25.92	0.067	-32.706	11.242	55.540	31.323	25.38
0.068	-27.717	10.969	55.117	31.217	24.85	0.069	-17.342	10.704	54.703	31.112	24.33
0.070	-3.106	10.445	54.298	31.009	23.82	0.071	12.937	10.193	53.901	30.906	23.32
0.072	28.496	9.947	53.512	30.805	22.83	0.073	41.362	9.708	53.131	30.705	22.36
0.074	49.719	9.475	52.758	30.606	21.89	0.075	52.393	9.247	52.393	30.508	21.43
0.076	49.014	9.026	52.034	30.411	20.99	0.077	40.063	8.810	51.683	30.316	20.55
0.078	26.797	8.600	51.338	30.221	20.12	0.079	11.070	8.395	51.000	30.127	19.70
0.080	-4.930	8.195	50.669	30.033	19.29	0.081	-18.990	8.000	50.343	29.941	18.89
0.082	-29.182	7.810	50.024	29.850	18.50	0.083	-34.128	7.625	49.710	29.759	18.12
0.084	-33.195	7.445	49.403	29.669	17.74	0.085	-26.574	7.269	49.100	29.580	17.38
0.086	-15.251	7.097	48.803	29.491	17.02	0.087	-0.862	6.929	48.512	29.403	16.66
0.088	14.535	6.766	48.225	29.316	16.32	0.089	28.756	6.607	47.944	29.230	15.98
0.090	39.795	6.451	47.667	29.144	15.65	0.091	46.104	6.300	47.395	29.058	15.33
0.092	46.804	6.152	47.127	28.974	15.01	0.093	41.810	6.008	46.864	28.890	14.70
0.094	31.835	5.867	46.605	28.806	14.40	0.095	18.282	5.730	46.350	28.723	14.11
0.096	3.053	5.596	46.100	28.641	13.82	0.097	-11.731	5.465	45.853	28.559	13.53
0.098	-24.020	5.338	45.611	28.477	13.25	0.099	-32.125	5.213	45.372	28.396	12.98
0.100	-34.953	5.092	45.137	28.316	12.72	0.101	-32.154	4.973	44.905	28.236	12.45
t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	74.314	148.629	52.548	100.00	0.100	11.522	69.889	142.034	51.014	96.87
0.200	44.187	65.864	136.015	49.604	93.89	0.300	83.291	62.181	130.496	48.306	91.02
0.400	112.691	58.790	125.415	47.111	88.24	0.500	120.722	55.657	120.722	46.008	85.54
0.600	104.223	52.749	116.374	44.990	82.91	0.700	69.293	50.043	112.337	44.049	80.33
0.800	28.647	47.517	108.580	43.178	77.82	0.900	-3.324	45.153	105.075	42.371	75.35
1.000	-15.924	42.938	101.801	41.622	72.95	1.100	-5.966	40.858	98.736	40.926	70.59

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 19
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

3-Phase fault at bus : 690VAC/60Hz DT

Nominal kV = 0.690 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	32.428	64.855	22.930	100.00	0.001	-11.006	18.886	51.036	22.733	58.74
0.002	-12.049	11.191	43.072	22.543	35.10	0.003	-6.704	6.759	38.380	22.359	21.38
0.004	2.207	4.177	35.545	22.181	13.32	0.005	12.273	2.655	33.779	22.008	8.53
0.006	21.433	1.745	32.632	21.840	5.65	0.007	28.057	1.192	31.849	21.678	3.89
0.008	31.043	0.849	31.283	21.520	2.79	0.009	29.899	0.630	30.848	21.368	2.08
0.010	24.763	0.485	30.494	21.219	1.62	0.011	16.357	0.386	30.191	21.076	1.30
0.012	5.863	0.315	29.923	20.936	1.07	0.013	-5.249	0.263	29.679	20.801	0.89
0.014	-15.440	0.222	29.453	20.669	0.76	0.015	-23.312	0.190	29.240	20.541	0.65
0.016	-27.803	0.164	29.038	20.417	0.57	0.017	-28.336	0.142	28.846	20.297	0.49
0.018	-24.885	0.123	28.662	20.179	0.43	0.019	-17.981	0.108	28.485	20.066	0.38
0.020	-8.627	0.094	28.314	19.955	0.33	0.021	1.844	0.082	28.150	19.847	0.29
0.022	11.959	0.072	27.991	19.742	0.26	0.023	20.310	0.063	27.838	19.640	0.23
0.024	25.749	0.055	27.689	19.540	0.20	0.025	27.545	0.048	27.545	19.443	0.18
0.026	25.484	0.042	27.406	19.349	0.15	0.027	19.889	0.037	27.271	19.257	0.14
0.028	11.574	0.032	27.139	19.168	0.12	0.029	1.723	0.028	27.012	19.080	0.11
0.030	-8.276	0.025	26.888	18.995	0.09	0.031	-17.026	0.022	26.767	18.912	0.08
0.032	-23.317	0.019	26.649	18.830	0.07	0.033	-26.292	0.017	26.535	18.751	0.06
0.034	-25.564	0.015	26.423	18.674	0.06	0.035	-21.266	0.013	26.315	18.598	0.05
0.036	-14.026	0.011	26.208	18.524	0.04	0.037	-4.880	0.010	26.105	18.452	0.04
0.038	4.880	0.009	26.004	18.381	0.03	0.039	13.884	0.008	25.905	18.312	0.03
0.040	20.881	0.007	25.808	18.245	0.03	0.041	24.906	0.006	25.714	18.179	0.02
0.042	25.420	0.005	25.622	18.114	0.02	0.043	22.374	0.004	25.531	18.050	0.02
0.044	16.219	0.004	25.443	17.988	0.02	0.045	7.838	0.003	25.356	17.927	0.01
0.046	-1.584	0.003	25.271	17.868	0.01	0.047	-10.721	0.003	25.188	17.809	0.01
0.048	-18.298	0.002	25.107	17.752	0.01	0.049	-23.265	0.002	25.027	17.695	0.01
0.050	-24.945	0.002	24.948	17.640	0.01	0.051	-23.122	0.002	24.871	17.586	0.01
0.052	-18.073	0.001	24.796	17.532	0.01	0.053	-10.524	0.001	24.721	17.480	0.00
0.054	-1.547	0.001	24.648	17.428	0.00	0.055	7.595	0.001	24.577	17.378	0.00
0.056	15.621	0.001	24.506	17.328	0.00	0.057	21.414	0.001	24.437	17.279	0.00
0.058	24.176	0.001	24.369	17.231	0.00	0.059	23.538	0.001	24.301	17.183	0.00
0.060	19.607	0.000	24.235	17.137	0.00	0.061	12.951	0.000	24.170	17.091	0.00
0.062	4.517	0.000	24.106	17.045	0.00	0.063	-4.505	0.000	24.043	17.001	0.00
0.064	-12.849	0.000	23.981	16.957	0.00	0.065	-19.351	0.000	23.920	16.914	0.00

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 20
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

(Cont.)

3-Phase fault at bus : 690VAC/60Hz DT

Nominal kV = 0.690 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.066	-23.109	0.000	23.859	16.871	0.00	0.067	-23.612	0.000	23.800	16.829	0.00
0.068	-20.804	0.000	23.741	16.787	0.00	0.069	-15.096	0.000	23.683	16.746	0.00
0.070	-7.301	0.000	23.626	16.706	0.00	0.071	1.480	0.000	23.569	16.666	0.00
0.072	10.011	0.000	23.513	16.626	0.00	0.073	17.100	0.000	23.458	16.587	0.00
0.074	21.760	0.000	23.404	16.549	0.00	0.075	23.350	0.000	23.350	16.511	0.00
0.076	21.661	0.000	23.297	16.473	0.00	0.077	16.944	0.000	23.244	16.436	0.00
0.078	9.875	0.000	23.192	16.399	0.00	0.079	1.453	0.000	23.141	16.363	0.00
0.080	-7.135	0.000	23.090	16.327	0.00	0.081	-14.686	0.000	23.039	16.291	0.00
0.082	-20.146	0.000	22.990	16.256	0.00	0.083	-22.759	0.000	22.940	16.221	0.00
0.084	-22.172	0.000	22.891	16.187	0.00	0.085	-18.480	0.000	22.843	16.152	0.00
0.086	-12.214	0.000	22.795	16.119	0.00	0.087	-4.263	0.000	22.748	16.085	0.00
0.088	4.254	0.000	22.701	16.052	0.00	0.089	12.139	0.000	22.654	16.019	0.00
0.090	18.290	0.000	22.608	15.986	0.00	0.091	21.854	0.000	22.563	15.954	0.00
0.092	22.340	0.000	22.517	15.922	0.00	0.093	19.693	0.000	22.472	15.890	0.00
0.094	14.296	0.000	22.428	15.859	0.00	0.095	6.917	0.000	22.384	15.828	0.00
0.096	-1.403	0.000	22.340	15.797	0.00	0.097	-9.493	0.000	22.296	15.766	0.00
0.098	-16.222	0.000	22.253	15.735	0.00	0.099	-20.651	0.000	22.210	15.705	0.00
0.100	-22.168	0.000	22.168	15.675	0.00	0.101	-20.572	0.000	22.126	15.645	0.00
t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	32.428	64.855	22.930	100.00	0.100	-12.567	13.297	45.267	22.606	41.59
0.200	-4.004	5.741	37.277	22.299	18.21	0.300	12.273	2.655	33.779	22.008	8.53
0.400	26.211	1.348	32.081	21.731	4.39	0.500	31.127	0.765	31.127	21.469	2.52
0.600	24.763	0.485	30.494	21.219	1.62	0.700	9.506	0.336	30.010	20.982	1.13
0.800	-8.823	0.248	29.602	20.756	0.85	0.900	-23.312	0.190	29.240	20.541	0.65
1.000	-28.611	0.149	28.909	20.337	0.52	1.100	-22.926	0.118	28.602	20.141	0.41

Project: Balıkeci 690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 21
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

3-Phase fault at bus : 690VAC/60Hz EDT

Nominal kV = 0.690 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	41.967	83.935	29.675	100.00	0.001	-9.759	28.846	70.367	29.359	69.47
0.002	-10.038	19.915	61.004	29.055	48.47	0.003	-3.521	13.797	54.470	28.761	33.92
0.004	7.057	9.586	49.859	28.477	23.80	0.005	19.003	6.678	46.564	28.204	16.74
0.006	29.850	4.663	44.177	27.940	11.80	0.007	37.575	3.264	42.418	27.686	8.34
0.008	40.790	2.291	41.096	27.440	5.90	0.009	38.873	1.611	40.081	27.202	4.19
0.010	31.997	1.137	39.283	26.973	2.98	0.011	21.076	0.805	38.637	26.752	2.13
0.012	7.604	0.571	38.101	26.537	1.52	0.013	-6.570	0.407	37.644	26.331	1.09
0.014	-19.509	0.291	37.245	26.130	0.79	0.015	-29.465	0.210	36.890	25.937	0.57
0.016	-35.120	0.152	36.567	25.749	0.42	0.017	-35.763	0.110	36.269	25.568	0.31
0.018	-31.388	0.081	35.992	25.393	0.23	0.019	-22.677	0.060	35.730	25.223	0.17
0.020	-10.906	0.044	35.482	25.058	0.13	0.021	2.244	0.033	35.245	24.898	0.09
0.022	14.924	0.025	35.018	24.744	0.07	0.023	25.373	0.019	34.800	24.594	0.06
0.024	32.162	0.015	34.590	24.448	0.04	0.025	34.387	0.012	34.387	24.307	0.03
0.026	31.790	0.009	34.190	24.170	0.03	0.027	24.787	0.007	34.000	24.036	0.02
0.028	14.401	0.006	33.816	23.907	0.02	0.029	2.116	0.005	33.637	23.781	0.01
0.030	-10.336	0.004	33.463	23.659	0.01	0.031	-21.217	0.003	33.294	23.540	0.01
0.032	-29.027	0.003	33.130	23.425	0.01	0.033	-32.706	0.002	32.970	23.312	0.01
0.034	-31.780	0.002	32.815	23.202	0.01	0.035	-26.423	0.001	32.664	23.096	0.00
0.036	-17.421	0.001	32.516	22.992	0.00	0.037	-6.065	0.001	32.373	22.890	0.00
0.038	6.040	0.001	32.232	22.791	0.00	0.039	17.198	0.001	32.096	22.695	0.00
0.040	25.858	0.001	31.963	22.601	0.00	0.041	30.832	0.001	31.832	22.509	0.00
0.042	31.455	0.000	31.705	22.419	0.00	0.043	27.675	0.000	31.581	22.331	0.00
0.044	20.053	0.000	31.460	22.245	0.00	0.045	9.685	0.000	31.341	22.161	0.00
0.046	-1.960	0.000	31.225	22.079	0.00	0.047	-13.246	0.000	31.112	21.999	0.00
0.048	-22.598	0.000	31.000	21.920	0.00	0.049	-28.722	0.000	30.891	21.843	0.00
0.050	-30.785	0.000	30.785	21.768	0.00	0.051	-28.526	0.000	30.680	21.694	0.00
0.052	-22.290	0.000	30.578	21.622	0.00	0.053	-12.976	0.000	30.477	21.550	0.00
0.054	-1.907	0.000	30.378	21.481	0.00	0.055	9.358	0.000	30.281	21.412	0.00
0.056	19.242	0.000	30.186	21.345	0.00	0.057	26.371	0.000	30.093	21.279	0.00
0.058	29.764	0.000	30.001	21.214	0.00	0.059	28.971	0.000	29.911	21.150	0.00
0.060	24.127	0.000	29.822	21.087	0.00	0.061	15.933	0.000	29.735	21.026	0.00
0.062	5.556	0.000	29.649	20.965	0.00	0.063	-5.540	0.000	29.564	20.905	0.00
0.064	-15.797	0.000	29.481	20.846	0.00	0.065	-23.784	0.000	29.399	20.788	0.00

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 22
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

(Cont.)

3-Phase fault at bus : 690VAC/60Hz EDT

Nominal kV = 0.690 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.066	-28.397	0.000	29.318	20.731	0.00	0.067	-29.008	0.000	29.238	20.675	0.00
0.068	-25.553	0.000	29.160	20.619	0.00	0.069	-18.538	0.000	29.082	20.564	0.00
0.070	-8.963	0.000	29.006	20.510	0.00	0.071	1.817	0.000	28.930	20.457	0.00
0.072	12.286	0.000	28.856	20.404	0.00	0.073	20.981	0.000	28.782	20.352	0.00
0.074	26.693	0.000	28.710	20.301	0.00	0.075	28.638	0.000	28.638	20.250	0.00
0.076	26.561	0.000	28.567	20.200	0.00	0.077	20.773	0.000	28.497	20.150	0.00
0.078	12.104	0.000	28.427	20.101	0.00	0.079	1.781	0.000	28.359	20.053	0.00
0.080	-8.742	0.000	28.291	20.005	0.00	0.081	-17.991	0.000	28.224	19.957	0.00
0.082	-24.675	0.000	28.158	19.910	0.00	0.083	-27.870	0.000	28.092	19.864	0.00
0.084	-27.146	0.000	28.027	19.818	0.00	0.085	-22.622	0.000	27.962	19.772	0.00
0.086	-14.949	0.000	27.899	19.727	0.00	0.087	-5.216	0.000	27.835	19.683	0.00
0.088	5.204	0.000	27.773	19.638	0.00	0.089	14.848	0.000	27.711	19.594	0.00
0.090	22.369	0.000	27.649	19.551	0.00	0.091	26.721	0.000	27.588	19.508	0.00
0.092	27.310	0.000	27.528	19.465	0.00	0.093	24.070	0.000	27.468	19.422	0.00
0.094	17.471	0.000	27.408	19.380	0.00	0.095	8.451	0.000	27.349	19.339	0.00
0.096	-1.714	0.000	27.290	19.297	0.00	0.097	-11.595	0.000	27.232	19.256	0.00
0.098	-19.809	0.000	27.175	19.215	0.00	0.099	-25.213	0.000	27.117	19.175	0.00
0.100	-27.060	0.000	27.060	19.135	0.00	0.101	-25.108	0.000	27.004	19.095	0.00
t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	41.967	83.935	29.675	100.00	0.100	-10.834	22.523	63.754	29.155	54.63
0.200	-0.311	12.216	52.755	28.665	30.13	0.300	19.003	6.678	46.564	28.204	16.74
0.400	35.447	3.675	42.947	27.769	9.36	0.500	40.729	2.037	40.729	27.360	5.26
0.600	31.997	1.137	39.283	26.973	2.98	0.700	12.268	0.640	38.270	26.608	1.70
0.800	-11.113	0.364	37.506	26.263	0.98	0.900	-29.465	0.210	36.890	25.937	0.57
1.000	-36.121	0.123	36.366	25.628	0.34	1.100	-28.914	0.073	35.903	25.335	0.20

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 23
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

3-Phase fault at bus : Bus_EMG

Nominal kV = 0.690

Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	2.563	5.127	1.813	100.00	0.001	0.034	2.398	4.941	1.798	94.31
0.002	0.405	2.243	4.765	1.783	88.94	0.003	1.033	2.098	4.600	1.769	83.87
0.004	1.807	1.963	4.445	1.755	79.10	0.005	2.597	1.836	4.298	1.741	74.59
0.006	3.274	1.718	4.160	1.727	70.34	0.007	3.730	1.607	4.029	1.713	66.33
0.008	3.887	1.503	3.906	1.699	62.55	0.009	3.715	1.406	3.790	1.686	58.98
0.010	3.229	1.315	3.680	1.672	55.62	0.011	2.488	1.230	3.577	1.659	52.44
0.012	1.587	1.151	3.479	1.646	49.45	0.013	0.644	1.077	3.386	1.633	46.63
0.014	-0.220	1.007	3.298	1.620	43.97	0.015	-0.897	0.942	3.215	1.607	41.46
0.016	-1.303	0.881	3.136	1.594	39.09	0.017	-1.395	0.824	3.062	1.582	36.85
0.018	-1.174	0.771	2.991	1.569	34.75	0.019	-0.682	0.721	2.924	1.557	32.76
0.020	0.000	0.675	2.860	1.545	30.89	0.021	0.767	0.631	2.799	1.533	29.12
0.022	1.506	0.591	2.742	1.521	27.46	0.023	2.108	0.552	2.687	1.509	25.89
0.024	2.486	0.517	2.634	1.497	24.41	0.025	2.585	0.483	2.585	1.486	23.01
0.026	2.391	0.452	2.537	1.474	21.69	0.027	1.931	0.423	2.492	1.463	20.45
0.028	1.270	0.396	2.449	1.452	19.28	0.029	0.498	0.370	2.407	1.440	18.17
0.030	-0.278	0.346	2.368	1.429	17.13	0.031	-0.955	0.324	2.330	1.418	16.15
0.032	-1.441	0.303	2.294	1.408	15.22	0.033	-1.676	0.283	2.259	1.397	14.35
0.034	-1.634	0.265	2.226	1.386	13.53	0.035	-1.326	0.248	2.194	1.376	12.75
0.036	-0.803	0.232	2.163	1.365	12.02	0.037	-0.142	0.217	2.133	1.355	11.33
0.038	0.559	0.203	2.105	1.345	10.68	0.039	1.201	0.190	2.077	1.335	10.06
0.040	1.693	0.178	2.051	1.325	9.49	0.041	1.967	0.166	2.025	1.315	8.94
0.042	1.986	0.155	2.001	1.305	8.43	0.043	1.750	0.145	1.977	1.295	7.94
0.044	1.295	0.136	1.954	1.285	7.49	0.045	0.685	0.127	1.932	1.276	7.05
0.046	0.007	0.119	1.910	1.266	6.65	0.047	-0.645	0.111	1.889	1.257	6.27
0.048	-1.182	0.104	1.869	1.248	5.90	0.049	-1.531	0.097	1.849	1.238	5.56
0.050	-1.647	0.091	1.830	1.229	5.24	0.051	-1.519	0.085	1.811	1.220	4.94
0.052	-1.169	0.080	1.793	1.211	4.66	0.053	-0.649	0.075	1.775	1.203	4.39
0.054	-0.036	0.070	1.758	1.194	4.14	0.055	0.583	0.065	1.741	1.185	3.90
0.056	1.122	0.061	1.725	1.177	3.67	0.057	1.505	0.057	1.709	1.168	3.46
0.058	1.680	0.053	1.693	1.160	3.26	0.059	1.627	0.050	1.678	1.151	3.07
0.060	1.355	0.047	1.663	1.143	2.89	0.061	0.904	0.044	1.649	1.135	2.73
0.062	0.340	0.041	1.634	1.127	2.57	0.063	-0.258	0.038	1.620	1.119	2.42
0.064	-0.806	0.036	1.607	1.111	2.28	0.065	-1.228	0.034	1.593	1.103	2.15

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 24
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

(Cont.)

3-Phase fault at bus : Bus_EMG

Nominal kV = 0.690 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.066	-1.469	0.031	1.580	1.095	2.02	0.067	-1.496	0.029	1.567	1.087	1.91
0.068	-1.311	0.027	1.554	1.080	1.80	0.069	-0.941	0.026	1.542	1.072	1.69
0.070	-0.441	0.024	1.530	1.065	1.59	0.071	0.116	0.022	1.518	1.057	1.50
0.072	0.653	0.021	1.506	1.050	1.41	0.073	1.094	0.020	1.494	1.043	1.33
0.074	1.380	0.018	1.483	1.035	1.26	0.075	1.471	0.017	1.471	1.028	1.18
0.076	1.359	0.016	1.460	1.021	1.11	0.077	1.061	0.015	1.449	1.014	1.05
0.078	0.621	0.014	1.438	1.007	0.99	0.079	0.102	0.013	1.428	1.000	0.93
0.080	-0.422	0.012	1.417	0.994	0.88	0.081	-0.878	0.012	1.407	0.987	0.83
0.082	-1.204	0.011	1.397	0.980	0.78	0.083	-1.356	0.010	1.387	0.973	0.73
0.084	-1.315	0.009	1.377	0.967	0.69	0.085	-1.090	0.009	1.367	0.960	0.65
0.086	-0.715	0.008	1.357	0.954	0.61	0.087	-0.243	0.008	1.348	0.948	0.58
0.088	0.257	0.007	1.339	0.941	0.54	0.089	0.715	0.007	1.329	0.935	0.51
0.090	1.069	0.006	1.320	0.929	0.48	0.091	1.270	0.006	1.311	0.923	0.45
0.092	1.292	0.006	1.302	0.917	0.43	0.093	1.134	0.005	1.293	0.911	0.40
0.094	0.821	0.005	1.285	0.905	0.38	0.095	0.397	0.005	1.276	0.899	0.36
0.096	-0.075	0.004	1.267	0.893	0.34	0.097	-0.530	0.004	1.259	0.887	0.32
0.098	-0.905	0.004	1.251	0.882	0.30	0.099	-1.148	0.003	1.242	0.876	0.28
0.100	-1.228	0.003	1.234	0.870	0.26	0.101	-1.134	0.003	1.226	0.865	0.25
t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	2.563	5.127	1.813	100.00	0.100	0.248	2.294	4.823	1.788	90.69
0.200	1.281	2.052	4.547	1.764	82.25	0.300	2.597	1.836	4.298	1.741	74.59
0.400	3.608	1.643	4.072	1.718	67.64	0.500	3.867	1.470	3.867	1.695	61.34
0.600	3.229	1.315	3.680	1.672	55.62	0.700	1.898	1.177	3.511	1.650	50.43
0.800	0.341	1.053	3.356	1.628	45.72	0.900	-0.897	0.942	3.215	1.607	41.46
1.000	-1.400	0.843	3.086	1.586	37.58	1.100	-1.037	0.754	2.968	1.565	34.07

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 25
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config: Shaft

3-Phase fault at bus : Bus_SC

Nominal kV = 0.690 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	74.591	149.182	52.744	100.00	0.001	4.010	72.115	145.363	51.794	98.45
0.002	17.324	69.789	141.761	50.892	96.97	0.003	37.472	67.600	138.359	50.034	95.54
0.004	61.161	65.532	135.137	49.218	94.15	0.005	84.744	63.574	132.082	48.442	92.80
0.006	104.720	61.717	129.181	47.704	91.48	0.007	118.200	59.952	126.421	47.001	90.19
0.008	123.277	58.271	123.793	46.331	88.93	0.009	119.257	56.667	121.287	45.693	87.69
0.010	106.718	55.135	118.895	45.085	86.47	0.011	87.394	53.669	116.610	44.506	85.27
0.012	63.912	52.265	114.423	43.952	84.08	0.013	39.411	50.919	112.330	43.424	82.91
0.014	17.102	49.626	110.324	42.920	81.76	0.015	-0.171	48.384	108.401	42.439	80.62
0.016	-10.313	47.188	106.555	41.978	79.49	0.017	-12.242	46.038	104.781	41.538	78.37
0.018	-6.026	44.929	103.077	41.117	77.27	0.019	7.159	43.860	101.437	40.713	76.18
0.020	25.205	42.828	99.859	40.327	75.10	0.021	45.380	41.832	98.339	39.956	74.03
0.022	64.715	40.870	96.874	39.601	72.98	0.023	80.413	39.939	95.462	39.260	71.93
0.024	90.232	39.039	94.098	38.933	70.90	0.025	92.782	38.167	92.782	38.619	69.88
0.026	87.705	37.323	91.510	38.316	68.88	0.027	75.706	36.505	90.281	38.025	67.88
0.028	58.441	35.712	89.092	37.745	66.90	0.029	38.271	34.944	87.942	37.476	65.93
0.030	17.934	34.197	86.828	37.215	64.98	0.031	0.151	33.473	85.749	36.965	64.03
0.032	-12.740	32.770	84.703	36.722	63.10	0.033	-19.109	32.087	83.689	36.488	62.18
0.034	-18.249	31.423	82.705	36.262	61.27	0.035	-10.461	30.777	81.750	36.044	60.38
0.036	2.997	30.149	80.823	35.832	59.50	0.037	20.097	29.538	79.922	35.627	58.63
0.038	38.332	28.944	79.046	35.428	57.77	0.039	55.065	28.365	78.194	35.235	56.92
0.040	67.899	27.801	77.365	35.047	56.09	0.041	75.010	27.252	76.559	34.865	55.27
0.042	75.387	26.717	75.773	34.688	54.46	0.043	68.970	26.195	75.008	34.516	53.66
0.044	56.650	25.686	74.262	34.349	52.88	0.045	40.130	25.190	73.535	34.185	52.10
0.046	21.685	24.706	72.826	34.026	51.34	0.047	3.839	24.234	72.134	33.871	50.59
0.048	-10.989	23.773	71.459	33.719	49.85	0.049	-20.820	23.323	70.799	33.571	49.12
0.050	-24.389	22.883	70.155	33.426	48.41	0.051	-21.312	22.454	69.525	33.285	47.70
0.052	-12.137	22.034	68.909	33.146	47.01	0.053	1.747	21.624	68.308	33.010	46.32
0.054	18.304	21.224	67.719	32.877	45.65	0.055	35.143	20.832	67.142	32.747	44.98
0.056	49.853	20.449	66.578	32.619	44.33	0.057	60.342	20.074	66.026	32.493	43.69
0.058	65.124	19.708	65.485	32.369	43.05	0.059	63.522	19.349	64.955	32.248	42.43
0.060	55.758	18.998	64.435	32.129	41.81	0.061	42.913	18.655	63.926	32.011	41.21
0.062	26.771	18.319	63.427	31.896	40.61	0.063	9.568	17.990	62.937	31.782	40.03
0.064	-6.331	17.668	62.456	31.670	39.45	0.065	-18.756	17.352	61.984	31.560	38.88

Project: Balıkcı_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 26
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

(Cont.)

3-Phase fault at bus : Bus_SG

Nominal kV = 0.690 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.066	-26.037	17.043	61.521	31.451	38.32	0.067	-27.236	16.741	61.067	31.343	37.77
0.068	-22.268	16.444	60.620	31.237	37.22	0.069	-11.911	16.153	60.181	31.133	36.69
0.070	2.308	15.868	59.750	31.029	36.16	0.071	18.336	15.589	59.327	30.927	35.64
0.072	33.877	15.316	58.910	30.826	35.13	0.073	46.724	15.047	58.501	30.726	34.63
0.074	55.057	14.784	58.098	30.627	34.13	0.075	57.702	14.526	57.702	30.530	33.65
0.076	54.280	14.274	57.312	30.433	33.16	0.077	45.301	14.025	56.929	30.337	32.69
0.078	31.993	13.782	56.552	30.243	32.22	0.079	16.221	13.543	56.180	30.149	31.76
0.080	0.174	13.309	55.815	30.056	31.31	0.081	-13.931	13.080	55.455	29.964	30.87
0.082	-24.166	12.854	55.100	29.872	30.43	0.083	-29.153	12.633	54.751	29.782	29.99
0.084	-28.256	12.416	54.407	29.692	29.57	0.085	-21.667	12.203	54.068	29.603	29.15
0.086	-10.372	11.994	53.734	29.515	28.73	0.087	3.990	11.788	53.404	29.427	28.33
0.088	19.362	11.587	53.080	29.340	27.92	0.089	33.557	11.389	52.760	29.254	27.53
0.090	44.566	11.195	52.444	29.168	27.14	0.091	50.841	11.004	52.133	29.083	26.75
0.092	51.503	10.817	51.826	28.998	26.38	0.093	46.466	10.633	51.524	28.914	26.00
0.094	36.442	10.452	51.225	28.831	25.64	0.095	22.838	10.275	50.931	28.748	25.27
0.096	7.555	10.101	50.640	28.666	24.92	0.097	-7.282	9.930	50.354	28.584	24.56
0.098	-19.622	9.762	50.071	28.503	24.22	0.099	-27.776	9.597	49.791	28.422	23.88
0.100	-30.647	9.435	49.516	28.342	23.54	0.101	-27.887	9.275	49.244	28.262	23.21
t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	74.591	149.182	52.744	100.00	0.100	11.984	70.549	142.939	51.188	97.46
0.200	45.153	66.897	137.265	49.758	95.07	0.300	84.744	63.574	132.082	48.442	92.80
0.400	114.569	60.531	127.326	47.231	90.62	0.500	122.945	57.728	122.945	46.115	88.52
0.600	106.718	55.135	118.895	45.085	86.47	0.700	72.014	52.727	115.141	44.134	84.48
0.800	31.579	50.482	111.652	43.254	82.53	0.900	-0.171	48.384	108.401	42.439	80.62
1.000	-12.531	46.417	105.365	41.683	78.74	1.100	-2.318	44.569	102.523	40.980	76.90

Project: Balıkcı_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 27
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

3-Phase fault at bus : Bus_T1.1

Nominal kV = 0.690 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	60.385	120.770	42.699	100.00	0.001	-5.395	49.930	109.434	42.075	83.91
0.002	-1.422	41.339	100.000	41.479	70.47	0.003	9.632	34.265	92.118	40.908	59.23
0.004	24.844	28.428	85.509	40.362	49.80	0.005	41.016	23.606	79.947	39.839	41.90
0.006	55.078	19.616	75.249	39.338	35.26	0.007	64.468	16.312	71.266	38.858	29.68
0.008	67.447	13.572	67.876	38.399	24.99	0.009	63.292	11.299	64.979	37.958	21.05
0.010	52.355	9.411	62.493	37.535	17.73	0.011	35.978	7.842	60.351	37.129	14.94
0.012	16.274	6.538	58.496	36.740	12.58	0.013	-4.184	5.453	56.882	36.366	10.60
0.014	-22.735	4.550	55.471	36.007	8.94	0.015	-37.004	3.798	54.231	35.662	7.53
0.016	-45.224	3.171	53.136	35.330	6.35	0.017	-46.475	2.649	52.162	35.012	5.35
0.018	-40.796	2.213	51.293	34.705	4.51	0.019	-29.169	1.850	50.512	34.410	3.80
0.020	-13.367	1.546	49.807	34.125	3.20	0.021	4.299	1.293	49.166	33.851	2.70
0.022	21.306	1.082	48.582	33.587	2.28	0.023	35.269	0.905	48.045	33.333	1.92
0.024	44.264	0.758	47.550	33.087	1.62	0.025	47.092	0.634	47.092	32.850	1.37
0.026	43.425	0.531	46.665	32.622	1.15	0.027	33.847	0.445	46.266	32.400	0.97
0.028	19.754	0.373	45.892	32.187	0.82	0.029	3.152	0.312	45.539	31.980	0.69
0.030	-13.626	0.262	45.205	31.780	0.58	0.031	-28.254	0.220	44.889	31.586	0.49
0.032	-38.728	0.184	44.589	31.399	0.41	0.033	-43.645	0.154	44.302	31.217	0.35
0.034	-42.389	0.130	44.027	31.040	0.30	0.035	-35.210	0.109	43.765	30.869	0.25
0.036	-23.175	0.091	43.512	30.703	0.21	0.037	-8.017	0.077	43.269	30.542	0.18
0.038	8.116	0.064	43.035	30.385	0.15	0.039	22.964	0.054	42.809	30.233	0.13
0.040	34.466	0.045	42.591	30.084	0.11	0.041	41.049	0.038	42.379	29.940	0.09
0.042	41.842	0.032	42.174	29.799	0.08	0.043	36.787	0.027	41.975	29.662	0.06
0.044	26.641	0.023	41.782	29.528	0.05	0.045	12.866	0.019	41.594	29.398	0.05
0.046	-2.583	0.016	41.411	29.271	0.04	0.047	-17.537	0.013	41.232	29.146	0.03
0.048	-29.911	0.011	41.058	29.025	0.03	0.049	-37.999	0.010	40.888	28.906	0.02
0.050	-40.706	0.008	40.723	28.789	0.02	0.051	-37.699	0.007	40.560	28.676	0.02
0.052	-29.442	0.006	40.402	28.564	0.01	0.053	-17.129	0.005	40.246	28.455	0.01
0.054	-2.513	0.004	40.094	28.348	0.01	0.055	12.346	0.003	39.945	28.243	0.01
0.056	25.370	0.003	39.799	28.140	0.01	0.057	34.750	0.002	39.655	28.039	0.01
0.058	39.203	0.002	39.514	27.939	0.01	0.059	38.139	0.002	39.376	27.842	0.00
0.060	31.746	0.001	39.240	27.746	0.00	0.061	20.955	0.001	39.106	27.651	0.00
0.062	7.304	0.001	38.975	27.558	0.00	0.063	-7.278	0.001	38.845	27.467	0.00
0.064	-20.745	0.001	38.718	27.377	0.00	0.065	-31.220	0.001	38.592	27.288	0.00

Project: Balıkcı_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 28
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

(Cont.)

3-Phase fault at bus : Bus_T2.1

Nominal kV = 0.690 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.066	-37.259	0.001	38.468	27.201	0.00	0.067	-38.043	0.000	38.346	27.115	0.00
0.068	-33.497	0.000	38.226	27.030	0.00	0.069	-24.290	0.000	38.107	26.946	0.00
0.070	-11.739	0.000	37.990	26.863	0.00	0.071	2.378	0.000	37.874	26.781	0.00
0.072	16.078	0.000	37.760	26.700	0.00	0.073	27.444	0.000	37.647	26.621	0.00
0.074	34.900	0.000	37.536	26.542	0.00	0.075	37.426	0.000	37.426	26.464	0.00
0.076	34.696	0.000	37.316	26.387	0.00	0.077	27.124	0.000	37.209	26.310	0.00
0.078	15.797	0.000	37.102	26.235	0.00	0.079	2.323	0.000	36.996	26.160	0.00
0.080	-11.400	0.000	36.892	26.086	0.00	0.081	-23.450	0.000	36.788	26.013	0.00
0.082	-32.148	0.000	36.686	25.941	0.00	0.083	-36.295	0.000	36.584	25.869	0.00
0.084	-35.337	0.000	36.483	25.798	0.00	0.085	-29.435	0.000	36.384	25.727	0.00
0.086	-19.442	0.000	36.285	25.657	0.00	0.087	-6.781	0.000	36.187	25.588	0.00
0.088	6.762	0.000	36.089	25.519	0.00	0.089	19.286	0.000	35.993	25.451	0.00
0.090	29.041	0.000	35.897	25.383	0.00	0.091	34.677	0.000	35.802	25.316	0.00
0.092	35.426	0.000	35.708	25.249	0.00	0.093	31.209	0.000	35.614	25.183	0.00
0.094	22.642	0.000	35.521	25.117	0.00	0.095	10.948	0.000	35.429	25.052	0.00
0.096	-2.219	0.000	35.338	24.988	0.00	0.097	-15.007	0.000	35.247	24.923	0.00
0.098	-25.628	0.000	35.156	24.859	0.00	0.099	-32.604	0.000	35.067	24.796	0.00
0.100	-34.978	0.000	34.978	24.733	0.00	0.101	-32.439	0.000	34.889	24.670	0.00
t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	60.385	120.770	42.699	100.00	0.100	-3.662	44.019	102.956	41.675	74.69
0.200	14.397	32.194	89.786	40.724	55.90	0.300	41.016	23.606	79.947	39.839	41.90
0.400	61.984	17.345	72.522	39.016	31.43	0.500	66.860	12.767	66.860	38.249	23.60
0.600	52.355	9.411	62.493	37.535	17.73	0.700	23.058	6.947	59.086	36.868	13.32
0.800	-10.706	5.134	56.391	36.245	10.02	0.900	-37.004	3.798	54.231	35.662	7.53
1.000	-46.850	2.812	52.475	35.116	5.66	1.100	-37.508	2.084	51.024	34.605	4.26

Project: Balıkcı_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 29
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

3-Phase fault at bus : Bus_T2.2

Nominal kV = 0.440 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	6.328	12.657	4.475	100.00	0.001	-0.772	5.084	11.383	4.454	80.72
0.002	-0.466	4.104	10.374	4.433	65.46	0.003	0.671	3.328	9.569	4.413	53.32
0.004	2.321	2.711	8.925	4.394	43.63	0.005	4.130	2.218	8.406	4.375	35.85
0.006	5.751	1.823	7.984	4.357	29.59	0.007	6.882	1.505	7.641	4.339	24.53
0.008	7.311	1.248	7.359	4.321	20.42	0.009	6.935	1.040	7.126	4.304	17.08
0.010	5.775	0.870	6.933	4.288	14.34	0.011	3.967	0.731	6.771	4.271	12.09
0.012	1.744	0.616	6.635	4.255	10.24	0.013	-0.601	0.522	6.519	4.240	8.71
0.014	-2.757	0.444	6.419	4.225	7.43	0.015	-4.438	0.379	6.334	4.210	6.37
0.016	-5.422	0.325	6.259	4.196	5.48	0.017	-5.588	0.280	6.194	4.182	4.73
0.018	-4.924	0.241	6.136	4.168	4.09	0.019	-3.537	0.209	6.085	4.155	3.56
0.020	-1.629	0.181	6.039	4.142	3.10	0.021	0.525	0.158	5.998	4.129	2.71
0.022	2.617	0.138	5.960	4.117	2.37	0.023	4.352	0.121	5.926	4.105	2.08
0.024	5.487	0.106	5.894	4.093	1.83	0.025	5.865	0.093	5.865	4.081	1.61
0.026	5.433	0.082	5.837	4.070	1.42	0.027	4.256	0.072	5.812	4.059	1.26
0.028	2.501	0.064	5.788	4.048	1.11	0.029	0.415	0.056	5.766	4.037	0.99
0.030	-1.710	0.050	5.745	4.027	0.88	0.031	-3.577	0.044	5.725	4.017	0.78
0.032	-4.926	0.039	5.705	4.007	0.69	0.033	-5.573	0.035	5.687	3.997	0.62
0.034	-5.431	0.031	5.670	3.987	0.55	0.035	-4.524	0.028	5.653	3.978	0.49
0.036	-2.983	0.024	5.637	3.969	0.44	0.037	-1.027	0.022	5.622	3.960	0.39
0.038	1.066	0.019	5.607	3.951	0.35	0.039	3.005	0.017	5.592	3.942	0.31
0.040	4.516	0.015	5.578	3.934	0.28	0.041	5.391	0.014	5.565	3.925	0.25
0.042	5.508	0.012	5.552	3.917	0.22	0.043	4.855	0.011	5.539	3.909	0.20
0.044	3.527	0.010	5.527	3.901	0.18	0.045	1.710	0.009	5.515	3.893	0.16
0.046	-0.337	0.008	5.503	3.886	0.14	0.047	-2.328	0.007	5.492	3.878	0.13
0.048	-3.984	0.006	5.481	3.871	0.11	0.049	-5.075	0.006	5.470	3.864	0.10
0.050	-5.449	0.005	5.459	3.857	0.09	0.051	-5.058	0.004	5.449	3.850	0.08
0.052	-3.958	0.004	5.439	3.843	0.07	0.053	-2.306	0.004	5.429	3.836	0.07
0.054	-0.337	0.003	5.419	3.830	0.06	0.055	1.674	0.003	5.409	3.823	0.05
0.056	3.443	0.003	5.400	3.817	0.05	0.057	4.724	0.002	5.391	3.810	0.04
0.058	5.339	0.002	5.382	3.804	0.04	0.059	5.204	0.002	5.373	3.798	0.03
0.060	4.340	0.002	5.364	3.792	0.03	0.061	2.870	0.001	5.355	3.786	0.03
0.062	1.003	0.001	5.347	3.780	0.02	0.063	-0.999	0.001	5.339	3.774	0.02
0.064	-2.855	0.001	5.331	3.769	0.02	0.065	-4.304	0.001	5.322	3.763	0.02

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 30
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

(Cont.)

3-Phase fault at bus : Bus_T2.2

Nominal kV = 0.440 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.066	-5.146	0.001	5.315	3.757	0.02	0.067	-5.263	0.001	5.307	3.752	0.01
0.068	-4.642	0.001	5.299	3.747	0.01	0.069	-3.372	0.001	5.291	3.741	0.01
0.070	-1.632	0.001	5.284	3.736	0.01	0.071	0.332	0.000	5.277	3.731	0.01
0.072	2.244	0.000	5.269	3.726	0.01	0.073	3.836	0.000	5.262	3.721	0.01
0.074	4.886	0.000	5.255	3.716	0.01	0.075	5.248	0.000	5.248	3.711	0.01
0.076	4.873	0.000	5.241	3.706	0.01	0.077	3.816	0.000	5.234	3.701	0.00
0.078	2.226	0.000	5.228	3.696	0.00	0.079	0.328	0.000	5.221	3.692	0.00
0.080	-1.611	0.000	5.214	3.687	0.00	0.081	-3.319	0.000	5.208	3.682	0.00
0.082	-4.558	0.000	5.201	3.678	0.00	0.083	-5.154	0.000	5.195	3.673	0.00
0.084	-5.026	0.000	5.189	3.669	0.00	0.085	-4.193	0.000	5.183	3.665	0.00
0.086	-2.774	0.000	5.176	3.660	0.00	0.087	-0.969	0.000	5.170	3.656	0.00
0.088	0.968	0.000	5.164	3.652	0.00	0.089	2.764	0.000	5.158	3.647	0.00
0.090	4.168	0.000	5.152	3.643	0.00	0.091	4.985	0.000	5.147	3.639	0.00
0.092	5.100	0.000	5.141	3.635	0.00	0.093	4.500	0.000	5.135	3.631	0.00
0.094	3.270	0.000	5.129	3.627	0.00	0.095	1.583	0.000	5.124	3.623	0.00
0.096	-0.321	0.000	5.118	3.619	0.00	0.097	-2.177	0.000	5.113	3.615	0.00
0.098	-3.723	0.000	5.107	3.611	0.00	0.099	-4.744	0.000	5.102	3.608	0.00
0.100	-5.097	0.000	5.097	3.604	0.00	0.101	-4.734	0.000	5.091	3.600	0.00
t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	6.328	12.657	4.475	100.00	0.100	-0.675	4.405	10.685	4.440	70.16
0.200	1.181	3.107	9.339	4.407	49.85	0.300	4.130	2.218	8.406	4.375	35.85
0.400	6.574	1.604	7.748	4.345	26.10	0.500	7.277	1.174	7.277	4.315	19.23
0.600	5.775	0.870	6.933	4.288	14.34	0.700	2.514	0.652	6.678	4.261	10.82
0.800	-1.356	0.495	6.484	4.235	8.26	0.900	-4.438	0.379	6.334	4.210	6.37
1.000	-5.627	0.294	6.215	4.187	4.96	1.100	-4.534	0.230	6.119	4.164	3.91

Project: Balıkei_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 31
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

3-Phase fault at bus : Bus_T6.1

Nominal kV = 0.690

Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	34.379	68.758	24.310	100.00	0.001	-10.133	21.541	55.607	24.088	63.23
0.002	-11.027	13.585	47.347	23.874	40.24	0.003	-5.633	8.618	42.088	23.667	25.75
0.004	3.414	5.498	38.685	23.467	16.57	0.005	13.699	3.528	36.441	23.273	10.72
0.006	23.089	2.279	34.927	23.086	6.98	0.007	29.867	1.482	33.874	22.904	4.58
0.008	32.862	0.972	33.115	22.729	3.02	0.009	31.544	0.643	32.546	22.559	2.02
0.010	26.052	0.430	32.101	22.394	1.36	0.011	17.140	0.291	31.736	22.235	0.93
0.012	6.051	0.200	31.427	22.080	0.64	0.013	-5.672	0.140	31.154	21.931	0.45
0.014	-16.410	0.099	30.909	21.786	0.32	0.015	-24.693	0.071	30.682	21.645	0.23
0.016	-29.410	0.052	30.470	21.509	0.17	0.017	-29.954	0.039	30.270	21.376	0.13
0.018	-26.303	0.029	30.079	21.248	0.10	0.019	-19.019	0.023	29.896	21.123	0.08
0.020	-9.161	0.018	29.720	21.002	0.06	0.021	1.868	0.014	29.550	20.885	0.05
0.022	12.518	0.011	29.385	20.771	0.04	0.023	21.307	0.009	29.226	20.660	0.03
0.024	27.031	0.007	29.072	20.552	0.02	0.025	28.922	0.006	28.922	20.447	0.02
0.026	26.757	0.005	28.777	20.345	0.02	0.027	20.876	0.004	28.636	20.246	0.01
0.028	12.136	0.003	28.499	20.149	0.01	0.029	1.784	0.003	28.365	20.055	0.01
0.030	-8.722	0.002	28.235	19.964	0.01	0.031	-17.914	0.002	28.109	19.874	0.01
0.032	-24.521	0.002	27.985	19.788	0.01	0.033	-27.643	0.001	27.865	19.703	0.00
0.034	-26.874	0.001	27.748	19.620	0.00	0.035	-22.355	0.001	27.634	19.539	0.00
0.036	-14.746	0.001	27.522	19.461	0.00	0.037	-5.136	0.001	27.414	19.384	0.00
0.038	5.117	0.000	27.308	19.309	0.00	0.039	14.577	0.000	27.204	19.236	0.00
0.040	21.926	0.000	27.103	19.164	0.00	0.041	26.155	0.000	27.003	19.094	0.00
0.042	26.695	0.000	26.907	19.026	0.00	0.043	23.496	0.000	26.812	18.959	0.00
0.044	17.032	0.000	26.719	18.893	0.00	0.045	8.229	0.000	26.629	18.829	0.00
0.046	-1.666	0.000	26.540	18.766	0.00	0.047	-11.263	0.000	26.453	18.705	0.00
0.048	-19.221	0.000	26.368	18.645	0.00	0.049	-24.438	0.000	26.284	18.586	0.00
0.050	-26.202	0.000	26.202	18.528	0.00	0.051	-24.287	0.000	26.122	18.471	0.00
0.052	-18.985	0.000	26.043	18.415	0.00	0.053	-11.056	0.000	25.966	18.361	0.00
0.054	-1.626	0.000	25.890	18.307	0.00	0.055	7.977	0.000	25.815	18.254	0.00
0.056	16.409	0.000	25.742	18.202	0.00	0.057	22.495	0.000	25.670	18.151	0.00
0.058	25.397	0.000	25.599	18.101	0.00	0.059	24.728	0.000	25.530	18.052	0.00
0.060	20.598	0.000	25.461	18.004	0.00	0.061	13.607	0.000	25.394	17.956	0.00
0.062	4.746	0.000	25.327	17.909	0.00	0.063	-4.734	0.000	25.262	17.863	0.00
0.064	-13.502	0.000	25.198	17.818	0.00	0.065	-20.334	0.000	25.134	17.773	0.00

Project: Balıkei_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 32
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

(Cont.)

3-Phase fault at bus : Bus_T6.1

Nominal kV = 0.690

Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.066	-24.284	0.000	25.072	17.729	0.00	0.067	-24.813	0.000	25.010	17.685	0.00
0.068	-21.864	0.000	24.950	17.642	0.00	0.069	-15.865	0.000	24.890	17.600	0.00
0.070	-7.673	0.000	24.831	17.558	0.00	0.071	1.555	0.000	24.772	17.517	0.00
0.072	10.523	0.000	24.715	17.476	0.00	0.073	17.975	0.000	24.658	17.436	0.00
0.074	22.874	0.000	24.602	17.396	0.00	0.075	24.547	0.000	24.547	17.357	0.00
0.076	22.772	0.000	24.492	17.318	0.00	0.077	17.814	0.000	24.438	17.280	0.00
0.078	10.382	0.000	24.384	17.242	0.00	0.079	1.528	0.000	24.331	17.205	0.00
0.080	-7.503	0.000	24.279	17.168	0.00	0.081	-15.443	0.000	24.227	17.131	0.00
0.082	-21.186	0.000	24.176	17.095	0.00	0.083	-23.935	0.000	24.125	17.059	0.00
0.084	-23.319	0.000	24.075	17.024	0.00	0.085	-19.437	0.000	24.025	16.989	0.00
0.086	-12.847	0.000	23.976	16.954	0.00	0.087	-4.484	0.000	23.928	16.919	0.00
0.088	4.475	0.000	23.879	16.885	0.00	0.089	12.770	0.000	23.832	16.851	0.00
0.090	19.242	0.000	23.784	16.818	0.00	0.091	22.991	0.000	23.737	16.785	0.00
0.092	23.504	0.000	23.691	16.752	0.00	0.093	20.720	0.000	23.644	16.719	0.00
0.094	15.042	0.000	23.599	16.687	0.00	0.095	7.278	0.000	23.553	16.655	0.00
0.096	-1.476	0.000	23.508	16.623	0.00	0.097	-9.990	0.000	23.463	16.591	0.00
0.098	-17.072	0.000	23.419	16.560	0.00	0.099	-21.734	0.000	23.375	16.529	0.00
0.100	-23.331	0.000	23.331	16.498	0.00	0.101	-21.653	0.000	23.288	16.467	0.00
t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	34.379	68.758	24.310	100.00	0.100	-11.565	15.830	49.693	23.945	46.75
0.200	-2.899	7.414	40.788	23.599	22.21	0.300	13.699	3.528	36.441	23.273	10.72
0.400	27.983	1.709	34.185	22.964	5.26	0.500	32.908	0.846	32.908	22.671	2.64
0.600	26.052	0.430	32.101	22.394	1.36	0.700	9.898	0.226	31.525	22.131	0.72
0.800	-9.439	0.124	31.070	21.882	0.40	0.900	-24.693	0.071	30.682	21.645	0.23
1.000	-30.250	0.043	30.335	21.420	0.14	1.100	-24.235	0.027	30.017	21.206	0.09

Project: Balıkeci_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 33
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config: Shaft

3-Phase fault at bus : Bus_T6.2

Nominal kV = 0.230

Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	11.163	22.326	7.894	100.00	0.001	-1.633	8.698	19.809	7.857	78.28
0.002	-1.267	6.796	17.856	7.821	61.44	0.003	0.635	5.323	16.335	7.786	48.34
0.004	3.491	4.180	15.143	7.752	38.13	0.005	6.663	3.290	14.207	7.719	30.13
0.006	9.524	2.595	13.466	7.687	23.87	0.007	11.539	2.051	12.878	7.656	18.94
0.008	12.324	1.625	12.409	7.625	15.07	0.009	11.694	1.290	12.032	7.596	12.01
0.010	9.683	1.026	11.727	7.567	9.59	0.011	6.530	0.818	11.479	7.539	7.67
0.012	2.644	0.653	11.275	7.511	6.15	0.013	-1.461	0.523	11.107	7.484	4.94
0.014	-5.232	0.419	10.967	7.458	3.97	0.015	-8.167	0.337	10.848	7.433	3.20
0.016	-9.876	0.271	10.747	7.408	2.59	0.017	-10.141	0.219	10.660	7.383	2.09
0.018	-8.944	0.177	10.585	7.360	1.70	0.019	-6.471	0.143	10.519	7.337	1.38
0.020	-3.080	0.116	10.460	7.314	1.12	0.021	0.742	0.094	10.407	7.292	0.91
0.022	4.455	0.077	10.359	7.270	0.75	0.023	7.536	0.063	10.315	7.249	0.61
0.024	9.556	0.051	10.274	7.229	0.50	0.025	10.236	0.042	10.236	7.209	0.41
0.026	9.487	0.034	10.201	7.189	0.34	0.027	7.420	0.028	10.168	7.170	0.28
0.028	4.329	0.023	10.136	7.151	0.23	0.029	0.652	0.019	10.106	7.133	0.19
0.030	-3.094	0.016	10.077	7.115	0.16	0.031	-6.385	0.013	10.050	7.097	0.13
0.032	-8.763	0.011	10.023	7.080	0.11	0.033	-9.901	0.009	9.997	7.063	0.09
0.034	-9.645	0.007	9.973	7.046	0.07	0.035	-8.037	0.006	9.948	7.030	0.06
0.036	-5.310	0.005	9.925	7.014	0.05	0.037	-1.851	0.004	9.902	6.999	0.04
0.038	1.854	0.003	9.880	6.984	0.04	0.039	5.284	0.003	9.858	6.969	0.03
0.040	7.959	0.002	9.837	6.954	0.02	0.041	9.508	0.002	9.817	6.940	0.02
0.042	9.719	0.002	9.796	6.926	0.02	0.043	8.567	0.001	9.777	6.912	0.01
0.044	6.220	0.001	9.757	6.899	0.01	0.045	3.010	0.001	9.738	6.885	0.01
0.046	-0.609	0.001	9.720	6.872	0.01	0.047	-4.130	0.001	9.701	6.859	0.01
0.048	-7.058	0.001	9.683	6.847	0.01	0.049	-8.986	0.000	9.666	6.834	0.00
0.050	-9.648	0.000	9.649	6.822	0.00	0.051	-8.955	0.000	9.632	6.810	0.00
0.052	-7.009	0.000	9.615	6.799	0.00	0.053	-4.087	0.000	9.599	6.787	0.00
0.054	-0.601	0.000	9.583	6.776	0.00	0.055	2.956	0.000	9.567	6.765	0.00
0.056	6.088	0.000	9.551	6.754	0.00	0.057	8.357	0.000	9.536	6.743	0.00
0.058	9.446	0.000	9.521	6.732	0.00	0.059	9.208	0.000	9.506	6.722	0.00
0.060	7.679	0.000	9.492	6.712	0.00	0.061	5.078	0.000	9.477	6.701	0.00
0.062	1.773	0.000	9.463	6.691	0.00	0.063	-1.771	0.000	9.449	6.682	0.00
0.064	-5.056	0.000	9.436	6.672	0.00	0.065	-7.623	0.000	9.422	6.662	0.00

Project: Balıkcı_690V
 Location: İstanbul
 Contract:
 Engineer:
 Filename: AG_690

ETAP
 12.6.0H

Study Case: SC

Page: 34
 Date: 07-08-2015
 SN:
 Revision: Base
 Config.: Shaft

(Cont.)

3-Phase fault at bus : Bus_T6.2

Nominal kV = 0.230 Voltage c Factor = 1.10 (Maximum If)

i = total fault current,
 Idc = dc component,
 ienv = top envelope of current-wave,
 Iac(rms) = rms value of ac component,
 Idc(%) = percentage value of dc component

t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (s)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.066	-9.113	0.000	9.409	6.653	0.00	0.067	-9.321	0.000	9.396	6.644	0.00
0.068	-8.222	0.000	9.383	6.635	0.00	0.069	-5.973	0.000	9.370	6.626	0.00
0.070	-2.892	0.000	9.357	6.617	0.00	0.071	0.587	0.000	9.345	6.608	0.00
0.072	3.974	0.000	9.333	6.599	0.00	0.073	6.794	0.000	9.321	6.591	0.00
0.074	8.655	0.000	9.309	6.582	0.00	0.075	9.297	0.000	9.297	6.574	0.00
0.076	8.633	0.000	9.285	6.566	0.00	0.077	6.760	0.000	9.274	6.557	0.00
0.078	3.944	0.000	9.262	6.549	0.00	0.079	0.581	0.000	9.251	6.541	0.00
0.080	-2.855	0.000	9.240	6.534	0.00	0.081	-5.883	0.000	9.229	6.526	0.00
0.082	-8.078	0.000	9.218	6.518	0.00	0.083	-9.135	0.000	9.207	6.511	0.00
0.084	-8.908	0.000	9.197	6.503	0.00	0.085	-7.432	0.000	9.186	6.496	0.00
0.086	-4.917	0.000	9.176	6.488	0.00	0.087	-1.717	0.000	9.166	6.481	0.00
0.088	1.716	0.000	9.156	6.474	0.00	0.089	4.900	0.000	9.146	6.467	0.00
0.090	7.391	0.000	9.136	6.460	0.00	0.091	8.839	0.000	9.126	6.453	0.00
0.092	9.044	0.000	9.116	6.446	0.00	0.093	7.980	0.000	9.106	6.439	0.00
0.094	5.799	0.000	9.097	6.433	0.00	0.095	2.808	0.000	9.087	6.426	0.00
0.096	-0.570	0.000	9.078	6.419	0.00	0.097	-3.861	0.000	9.069	6.413	0.00
0.098	-6.604	0.000	9.060	6.406	0.00	0.099	-8.415	0.000	9.051	6.400	0.00
0.100	-9.042	0.000	9.042	6.393	0.00	0.101	-8.398	0.000	9.033	6.387	0.00
t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)	t (cycle)	i (kA)	Idc (kA)	ienv (kA)	Iac (kA, rms)	Idc (%)
0.000	0.000	11.163	22.326	7.894	100.00	0.100	-1.585	7.376	18.454	7.833	66.59
0.200	1.512	4.910	15.905	7.775	44.65	0.300	6.663	3.390	14.207	7.719	30.13
0.400	10.989	2.218	13.060	7.666	20.46	0.500	12.274	1.504	12.274	7.616	13.97
0.600	9.683	1.026	11.727	7.567	9.59	0.700	3.990	0.704	11.339	7.520	6.62
0.800	-2.781	0.486	11.058	7.476	4.59	0.900	-8.167	0.337	10.848	7.433	3.20
1.000	-10.218	0.235	10.688	7.392	2.25	1.100	-8.247	0.165	10.562	7.352	1.58

EK E: Seçilen termik-manyetik şalterler ile ilgili detaylar**Çizelge E.1:** Seçilen termik-manyetik şalterler.

Şalter Yeri	Şalter Tipi	Nominal Gerilim U_n	Nominal Akım I_n	Uzun zaman gecikmeli açma ayar sahası I_r	Kısa zaman gecikmeli açma ayar sahası I_{sd}	Ani açma ayar sahası I_i	Maksimum açma kapasitesi (RMS) I_{cu}	Maksimum kapama kapasitesi (PEAK) I_{cm}
CB_SG	NW50H1ML5A	690V	2500-5000A	$(0.4-1) \times I_n$	$(1.5-10) \times I_r$	$(2-15) \times I_n$	100kA	220kA
CB_DG1	NW20H2ML5A	690V	1000-2000A	$(0.4-1) \times I_n$	$(1.5-10) \times I_r$	$(2-15) \times I_n$	85kA	187kA
CB_DG2	NW16H2ML5A	690V	800-1600A	$(0.4-1) \times I_n$	$(1.5-10) \times I_r$	$(2-15) \times I_n$	85kA	187kA
CB_BT	NW08H2ML2A	690V	400-800A	$(0.4-1) \times I_n$	-	$(2-15) \times I_n$	85kA	187kA
CB_VM1	NW12H2ML2A	690V	630-1250A	$(0.4-1) \times I_n$	-	$(2-15) \times I_n$	85kA	187kA
CB_VM2	NW12H2ML2A	690V	630-1250A	$(0.4-1) \times I_n$	-	$(2-15) \times I_n$	85kA	187kA
CB_F11	NSX630HB1	690V	630A	-	-	-	75kA	150kA
CB_F12	NSX630HB1	690V	630A	-	-	-	75kA	150kA
CB_F21	NSX630HB1	690V	630A	-	-	-	75kA	150kA
CB_F22	NSX400HB1	690V	400A	-	-	-	75kA	150kA
CB2	NSX250HB1	690V	250A	-	-	-	75kA	150kA
CB_IM3B	NSX100HB1	690V	100A	-	-	-	75kA	150kA
CB_T1.1	NSX250HB1	690V	250A	-	-	-	75kA	150kA
CB_T2.1	NSX250HB1	690V	250A	-	-	-	75kA	150kA
CB_T3.1	NSX250HB1	690V	250A	-	-	-	75kA	150kA
CB_T6.1	NSX250HB1	690V	250A	-	-	-	75kA	150kA
CB_IM3	NSX100R	690V	100A	-	-	-	45kA	90kA
CB_EMG	NSX250RML5A	690V	250A	$(0.4-1) \times I_n$	$(1.5-10) \times I_r$	$12 \times I_n$	45kA	90kA

Çizelge E.1 (devam): Seçilen termik-manyetik şalterler.

Şalter Yeri	Şalter Tipi	Nominal Gerilim U_n	Nominal Akım I_n	Uzun zaman gecikmeli açma ayar sahası I_r	Kısa zaman gecikmeli açma ayar sahası I_{sd}	Ani açma ayar sahası I_i	Maksimum açma kapasitesi (RMS) I_{cu}	Maksimum kapama kapasitesi (PEAK) I_{cm}
CB_IM12	NSX250R	690V	250A	-	-	-	45kA	90kA
CB_T4.1	NSX250R	690V	250A	-	-	-	45kA	90kA
CB3	NSX250R	690V	250A	-	-	-	45kA	90kA
CB_T1.2	NSX400F	440V	400A	-	-	-	30kA	60kA
CB_T2.2	NSX400F	440V	400A	-	-	-	30kA	60kA
CB_IM5	NSX250F	440V	250A	-	-	-	35kA	70kA
CB_IM4	GV2-P01-32	440V	0.1-32A	-	-	-	20kA	40kA
CB4	GV2-P01-32	440V	0.1-32A	-	-	-	20kA	40kA
CB_T3.2	NSX400F	230V	400A	-	-	-	40kA	-
CB_T6.2	NSX400F	230V	400A	-	-	-	40kA	-
CB6	NSX250B	230V	250A	-	-	-	40kA	-
CB_IM7	C120N	230V	63-125A	-	-	-	10kA	-
CB_IM8	C120N	230V	63-125A	-	-	-	10kA	-
CB1	C60N	230V	1-63A	-	-	-	20kA	-
CB_IM6	C60N	230V	1-63A	-	-	-	20kA	-
CB_IM9	C60N	230V	1-63A	-	-	-	20kA	-
CB5	NSX250B	230V	250A	-	-	-	40kA	-
CB_T4.2	NSX250B	230V	250A	-	-	-	40kA	-

EK F: IEC 61363 Standard

Electrical installations of ships and mobile and fixed offshore units —

Part 1: Procedures for calculating short-circuit currents in three-phase a.c.

ICS 47.020.60

NO COPYING WITHOUT BSI PERMISSION EXCEPT AS PERMITTED BY COPYRIGHT LAW

BSi
British Standards

National foreword

This British Standard reproduces verbatim IEC 61363-1:1998 and implements it as the UK national standard.

The UK participation in its preparation was entrusted to Technical Committee JPEL/18, Electrical installations of ships and of mobile and fixed offshore units, which has the responsibility to:

- aid enquirers to understand the text;
- present to the responsible international/European committee any enquiries on the interpretation, or proposals for change, and keep the UK interests informed;
- monitor related international and European developments and promulgate them in the UK.

A list of organizations represented on this committee can be obtained on request to its secretary.

Cross-references

The British Standards which implement international publications referred to in this document may be found in the *BSI Catalogue* under the section entitled "International Standards Correspondence Index", or by using the "Find" facility of the *BSI Electronic Catalogue* or of British Standards Online.

This publication does not purport to include all the necessary provisions of a contract. Users are responsible for their correct application.

Compliance with a British Standard does not of itself confer immunity from legal obligations.

This British Standard, having been prepared under the direction of the Electrotechnical Sector Policy and Strategy Committee, was published under the authority of the Standards Policy and Strategy Committee on 14 August 2002

Summary of pages

This document comprises a front cover, an inside front cover, the IEC title page, pages 2 to 41 and the back cover.

The BSI copyright date displayed in this document indicates when the document was last issued.

© BSI 14 August 2002

ISBN 0 580 40254 1

Amendments issued since publication

Amd. No.	Date	Comments

BS IEC 61363-1:1998

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
61363-1**

Première édition
First edition
1998-02

**Installations électriques à bord des navires
et des plates-formes mobiles et fixes en mer –**

**Partie 1:
Evaluation des courants de court-circuit
en c.a. triphasé**

**Electrical installations of ships and mobile
and fixed offshore units –**

**Part 1:
Procedures for calculating short-circuit currents
in three-phase a.c.**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61363-1:1998

CONTENTS

	Page
FOREWORD	4
Clause	
1 Scope and object	5
2 Normative references	6
3 Definitions, symbols, subscripts and superscripts	6
3.1 Definitions	6
3.2 Symbols	9
3.3 Subscripts	12
3.4 Superscripts	12
4 Introductory information	12
4.1 General	12
4.2 Calculation accuracy	13
4.3 Basic assumptions	13
4.4 Calculation methods	14
5 System components and models	15
5.1 Active components	15
5.2 Non-active components	24
6 Simplifying assumptions	25
6.1 General	25
6.2 Synchronous machines	25
6.3 Asynchronous motors	27
7 Application of the equivalent generator	29
7.1 General	29
7.2 Assumptions	29
7.3 Evaluation of the equivalent motor	29
7.4 Evaluation of the equivalent generator	30
8 System calculations	33
8.1 General	33
8.2 Effects of non-active components connected in series with active components	33
8.3 Short-circuit current at the generator busbars	34

Clause	Page
8.4 Short-circuit currents at secondary busses directly connected to the generator bus	35
8.5 Transformers	36
8.6 Semi-conductor converters used on variable speed drives	36
8.7 Calculation procedures	37
9 Interpretation and application of the results	39

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRICAL INSTALLATIONS OF SHIPS AND
MOBILE AND FIXED OFFSHORE UNITS –Part 1: Procedures for calculating short-circuit
currents in three-phase a.c.

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

This part of International Standard IEC 61363 has been prepared by IEC technical committee 18: Electrical installations of ships and of mobile and fixed offshore units.

This standard cancels and replaces IEC 60363, published in 1972.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
18/831/FDIS	18/837/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

ELECTRICAL INSTALLATIONS OF SHIPS AND MOBILE AND FIXED OFFSHORE UNITS –

Part 1: Procedures for calculating short-circuit currents in three-phase a.c.

1 Scope and object

This International Standard outlines procedures for calculating short-circuit currents that may occur on a marine or offshore a.c. electrical installation.

The calculation methods are for use on unmeshed three-phase alternating current systems,

- a) operating at 50 Hz or 60 Hz;
- b) having any system voltage specified in IEC 60092-201 table 2;
- c) having one or more different voltage levels;
- d) comprising generators, motors (both synchronous and asynchronous), transformers, reactor coils, cables, and converter units;
- e) having their neutral point connected to the ship's hull through an impedance (designed to limit the short-circuit current flowing to the ship's hull);
- f) having their neutral point isolated from the ship's hull.

The calculation procedures are for a three-phase symmetrical short-circuit condition i.e. three-phase conductors shorted together, or shorted to the ship's hull and for which the short-circuit occurs on all three poles simultaneously. The calculation of short-circuit currents resulting from asymmetric short-circuit conditions can lead to higher aperiodic (d.c.) components of the short-circuit current and is not considered in this standard.

The calculating formulae and methods described produce sufficiently accurate results to calculate the short-circuit current during the first 100 ms of a fault condition. They can be used to calculate the short-circuit current for periods longer than 100 ms when calculating on a bus system to which the generators are directly connected. For time periods beyond 100 ms the controlling effects of the system voltage regulators may be predominant. Calculations including the voltage regulator effects are not considered in this standard.

The object of this standard is to present formulae for calculating short-circuit currents of the active components of an electrical system and to indicate how such formulae may be simplified when calculating the short-circuit current at various locations on the electrical system. The calculations give estimates of the prospective short-circuit current when the system's active components produce their maximum contribution.

The calculating formulae are developed from basic electrical engineering theories relevant to the system components. To simplify the calculation methods yet retain an acceptable level of accuracy in the results, suitable assumptions are outlined and their effects on the calculation results indicated.

This standard provides a calculation procedure. It gives guidance on the interpretation and application of simplifying formulae and the corresponding results when applied to the selection of switchgear. The standard is not intended to provide any other information other than the calculation of the short-circuit current which may flow in the network.

In order to understand the methods, and consequences of the results, it is assumed that the person responsible for initiating the short-circuit current calculations, is thoroughly familiar with valid electrical engineering fundamentals.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60034-4:1985, *Rotating electrical machines – Part 4: Methods for determining synchronous machine quantities from tests*

IEC 60038:1983, *IEC standard voltages*

IEC 60050(151):1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050(411):1996, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 411: Rotating machinery*

IEC 60050(441):1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60092-201:1994, *Electrical installations in ships – Part 201: System design – General*

IEC 60092-202:1994, *Electrical installations in ships – Part 202: System design – Protection*

IEC 60909:1988, *Short-circuit current calculation in three-phase a.c. systems*

3 Definitions, symbols, subscripts and superscripts

3.1 Definitions

For the purpose of this International Standard the following definitions and symbols apply.

3.1.1

short circuit

accidental or intentional connection, by a relatively low resistance or impedance, of two or more points in a circuit which are normally at different voltages. [IEV 151-03-41]

3.1.2

short-circuit current

over-current resulting from a short circuit due to a fault or an incorrect connection in an electric circuit. [IEV 441-11-07]

3.1.3**prospective current** (with respect to a switching device)

short-circuit current that would flow in the circuit if each pole of the device were replaced by a conductor of negligible impedance. [IEV 441-17-01, modified]

3.1.4**symmetrical short-circuit current**

r.m.s. value of the a.c. symmetrical component of a prospective (available) short-circuit current, the aperiodic component of current, if any, being neglected. (IEC 60909, subclause 3.4)

3.1.5**initial symmetrical short-circuit current I''_k**

r.m.s. value of the a.c. symmetrical component of a prospective (available) short-circuit current applicable at the instant of short circuit if the impedance remains at zero-time value. (3.5 of IEC 60909, see also figure 2).

3.1.6**subtransient short-circuit current I''_{kd} in the direct axis**

r.m.s. value of the short-circuit current flowing through a circuit with rotating machine(s) having an impedance (reactance) equal to the subtransient impedance (reactance) of the circuit.

3.1.7**transient short-circuit current I'_k in the direct axis**

r.m.s. value of the short-circuit current flowing through a circuit with rotating machine(s) having an impedance (reactance) equal to the transient impedance (reactance) of the circuit.

3.1.8**steady-state short-circuit current I_{kd} in the direct axis**

r.m.s. value of the short-circuit symmetrical current flowing through a circuit with generator(s) which remains after the decay of the transient phenomena.

3.1.9**aperiodic (d.c.) component of the short-circuit current i_{dc}**

component of current in a circuit immediately after it has been suddenly short-circuited, all components of fundamental and higher frequencies being excluded.

NOTE – It is the mean value between the top and bottom envelope of a short-circuit current decaying from an initial value A to zero according to figure 2.

3.1.10**peak short-circuit current i_p**

maximum possible instantaneous value of the prospective (available) short-circuit current (see figure 2 and 3.8 of IEC 60909).

NOTE – For three-phase short circuits it is assumed that the short circuit occurs simultaneously in all phase conductors.

3.1.11**direct-axis subtransient short-circuit time constant T''_d**

time required for the rapidly changing component, present during the first few cycles in the direct-axis short-circuit current following a sudden change in operating conditions, to decrease to $1/e$, i.e. 0,368 of its initial value, the machine (or equivalent machine) running at rated speed. [IEV 411-48-30, modified]

3.1.12**direct-axis subtransient open-circuit time constant T''_{do}**

time required for the rapidly changing component present during the first few cycles of the open-circuit primary winding voltage which is due to direct-axis flux following a sudden change in operation, to decrease to $1/e$ i.e. 0,368 of its initial value, the machine running at rated speed. [IEV 411-48-29, modified]

3.1.13

direct-axis transient short-circuit time constant T'_d

time required for the slowly changing component of the direct-axis short-circuit primary current following a sudden change in operating conditions, to decrease to $1/e$ i.e. 0,368 of its initial value, the machine running at rated speed. [IEC 411-48-28, modified]

3.1.14

direct-axis transient open-circuit time constant T'_{d0}

time required for a slowly changing component of the open-circuit primary voltage, which is due to the direct-axis flux, following a sudden change in operating conditions, to decrease to $1/e$ i.e. 0,368 of its initial value, the machine running at rated speed. [IEV 411-48-27, modified]

3.1.15

DC time constant T_{dc}

time required for the d.c. component present in the short-circuit current, following a sudden change in operating conditions, to decrease to $1/e$ i.e. 0,368 of its initial value, the machine running at rated speed (see clause 20 of IEC 60034-4).

3.1.16

direct-axis subtransient reactance X''_d (saturated value)

quotient of the initial value of a sudden change in that fundamental a.c. component of primary voltage, which is produced by the total direct-axis primary flux, and the value of the simultaneous change in fundamental a.c. component of direct-axis primary current, the machine running at rated speed. [IEV 411-50-11, modified].

3.1.17

direct-axis transient reactance X'_d (saturated value)

quotient of the initial value of a sudden change in that fundamental a.c. component of primary voltage which is produced by the total direct-axis primary flux, and the value of the simultaneous change in fundamental a.c. component of direct-axis primary current, the machine running at rated speed and the high decrement components during the first cycles being excluded. [IEV 411-50-09, modified]

3.1.18

direct-axis synchronous reactance X_d

quotient of the steady-state value of that fundamental a.c. component of primary voltage which is produced by the total direct-axis primary flux, and direct-axis primary current after the decay of the transient phenomena.

3.1.19

stator resistance of a generator R_a

resistance of the stator of a synchronous machine, measured at d.c. current.

3.1.20

short-circuit impedance Z

quotient of the sinusoidal voltage per phase on a balanced a.c. system and the same frequency component of the short-circuit current in that system.

3.1.21

voltage source

active element which can be represented by an ideal voltage source independent of all currents and voltages in the circuit, in series with a passive circuit element. [IEV 131-01-37]

3.1.22**nominal system voltage U_n**

voltage (line-to-line) by which a system is designated and to which certain operating characteristics are referred (see IEC 60038).

3.1.23**subtransient voltage of a rotating machine E''**

r.m.s. value of the symmetrical internal voltage of a machine which is active behind the subtransient impedance Z'' at the moment of short circuit.

3.1.24**transient voltage of a rotating machine E'**

r.m.s. value of the symmetrical internal voltage of a machine which is active behind the transient impedance Z' at the moment of short circuit.

3.1.25**nominal value (n)**

suitable approximate quantity value used to designate or identify a component, device or equipment. [IEV 151-04-01]

3.1.26**rated value (r)**

quantity value assigned, generally by a manufacturer, for a specified operating condition of a component, device or equipment. [IEV 151-04-03]

3.1.27**equivalent generator (motor)**

fictitious generator (motor) having characteristics which will produce the same short-circuit current at any point on an electrical installation, as would be produced by a combination of generators (motors) having different ratings and different characteristics, which are connected to the system (see clause 7).

3.2 Symbols

All equations are written without units specified. The symbols represent quantities possessing both numerical values and dimensions that are independent of units provided a coherent unit system is chosen, i.e. "système international d'unités (SI)".

In case of impedance, reactance, resistance and voltage drops, capital letters denote absolute values and lower-case letters denote relative values (per unit or per cent).

For time-dependent values (current, voltage), capital letters denote r.m.s. values and lower, case letters denote momentary (instantaneous) values.

ϕ	phase angle
E''_q E'_q	subtransient and transient q-axis voltage of a generator (r.m.s.)
E''_M	subtransient voltage of a motor (r.m.s.)
f	frequency
f_e	lowest frequency of a shaft generator
f_r	rated frequency of a network
I'' , I'	subtransient and transient short-circuit current of the equivalent generator (r.m.s.)
I	current of an equivalent generator (r.m.s.)

$I''_M, I''_{M.}$	subtransient short-circuit current of an asynchronous motor and an equivalent motor (r.m.s.)
I''_{kd}, I'_{kd}	subtransient and transient initial short-circuit current of a synchronous machine (r.m.s.)
I	current (r.m.s.)
I_{ac}	a.c. component of the short-circuit current of a synchronous machine (r.m.s.)
I_{acM}	symmetrical short-circuit current of an asynchronous motor (r.m.s.)
I_{LR}	asynchronous motor locked rotor current
i_{dc}	d.c. component of the short-circuit current of a synchronous machine (instantaneous)
i_{dcM}	d.c. component of the short-circuit current of an asynchronous motor and an equivalent motor (instantaneous)
i_k	upper envelope of the short-circuit current
I_*	steady-state short-circuit current of an equivalent generator (r.m.s.)
I_{kd}	steady-state short-circuit current of a synchronous machine (r.m.s.)
i_M	upper envelope of the short-circuit current of an asynchronous motor
i_p, i_{pM}	peak value of the short-circuit current of a synchronous machine and an asynchronous motor
I_r	rated current (r.m.s.)
L''_{SC}	subtransient inductance of a synchronous condenser of a shaft generator system (synchronous machine)
L''_{SG}	subtransient inductance of a synchronous shaft generator system with converter
L_C	cable inductance
L_{com}	inductance of the commutation coils of a synchronous shaft generator system with converter
L_{dc}	inductance of the d.c. circuit of a synchronous shaft generator system with converter
P_{Cu}	copper losses of a transformer at rated frequency
R	resistance
R_*	resistance of an equivalent generator
R_a	stator resistance of a synchronous machine
R_C	cable resistance
R_{dc}	d.c. resistance
R_M	resistance of an asynchronous motor
R_R	rotor resistance of an asynchronous motor
$R_{R.}$	rotor resistance of an equivalent asynchronous motor
R_S	stator resistance of an asynchronous motor
$R_{S.}$	stator resistance of an equivalent asynchronous motor
R_T	resistance of a transformer
S_{rT}	rated power of a transformer
t	time duration from the beginning of a short circuit
t_r	the quotient of the rated high voltage and the rated low voltage of a transformer
t_x	defined time duration from the beginning of a short circuit

T''_d, T'_d	subtransient and transient time constant of a synchronous machine
T''_{d*}, T'_{d*}	subtransient and transient time constant of an equivalent generator
T''_{do}, T'_{do}	subtransient and transient open-circuit time constant of a synchronous machine
T''_e, T'_e	subtransient and transient time constant of a synchronous machine including the non-active components
T''_M, T'_M	subtransient time constant of an asynchronous motor and an equivalent asynchronous motor
T''_{Me}	subtransient time constant of an equivalent asynchronous motor including the connecting cables
T_{dc}, T_{dc*}	d.c. time constant of a synchronous machine and an equivalent generator
T_{dce}	d.c. time constant of a synchronous machine including the non-active components
T_{dcM}, T_{dcM*}	d.c. time constant of an asynchronous motor and an equivalent asynchronous motor
T_{dcMe}	d.c. time constant of an asynchronous motor including the connecting cables
U_0	prefault voltage (line-to-line)
U_n	nominal voltage (line-to-line)
U_r	rated voltage (line-to-line)
u_{rk}	rated short-circuit voltage of a transformer
u_{rL}	rated short-circuit voltage of a reactor coil
U_{rM}	rated voltage of a motor
u_{rR}	rated ohmic voltage of a transformer
ω_r	$2\pi f_r$
X''	subtransient reactance of an equivalent generator
X	reactance
X''_d, X'_d	subtransient and transient reactance of a synchronous machine in the d-axis
X''_M	subtransient reactance of an asynchronous motor
X''_{M*}	subtransient reactance of an equivalent asynchronous motor
X''_{Me}	subtransient reactance of an asynchronous motor including the connecting cables
X_d	reactance of a synchronous machine in the d-axis
X_R, X_S	rotor and stator reactance of an asynchronous motor
X_L	reactance of a coil
X_T	reactance of a transformer
Z, Z_*	impedance and equivalent impedance
Z''	subtransient impedance of an equivalent generator
Z''_d, Z'_d	subtransient and transient impedance of a synchronous machine
Z''_e, Z'_e	subtransient and transient impedance of a synchronous machine including the non-active components
Z''_M	subtransient impedance of an asynchronous motor
Z''_{M*}	subtransient impedance of an equivalent asynchronous motor
Z_T	impedance of a transformer

3.3 Subscripts

•	equivalent generator or asynchronous motor
0	prefault conditions
ac	alternating current
C	cable
com	commutation coil of a shaft generator
d	direct axis
dc	direct current
e	value including non-active components (external)
$\underline{E}, \underline{I}, \underline{U}$	phasors of E, I, U
G	synchronous generator
HV	high-voltage side of a transformer
i	number of generators
j	number of motors
k	short circuit
L	inductance
LV	low-voltage side of a transformer
M	asynchronous motor or group of motors
n	nominal value
q	quadrature-axis
R	rotor of an asynchronous motor
r	rated value
S	stator of an asynchronous motor
SC	shaft generator synchronous condenser machine
SG	shaft generator
To	total
T	transformer
Z	complex impedance

3.4 Superscripts

"	subtransient value
'	transient value

4 Introductory information**4.1 General**

The planning, design and operation of a marine or offshore electrical installation may require several studies to assist in the evaluation of system performance, reliability, safety and operation under both normal and short-circuit conditions. Such studies may be for load flow, stability, motor starting, transient conditions, earthing or harmonics. The system design engineer decides which studies are required for any particular installation. Short-circuit current studies are considered to be the most likely required for marine and offshore systems, regardless of their size and complication.

In a practical system, the controlling effects of the automatic regulators and non-linearity of the parallel connected machines will affect the resulting currents. To calculate precisely the currents resulting from these effects is beyond the scope of this standard, and should be done using computer simulation techniques.

A marine and offshore structure electrical system should be designed to ensure that all possible precautions have been taken to prevent short-circuit currents occurring. The principal objective of calculating the short-circuit current is to ensure that the system and its components are capable of withstanding the effects of the short-circuit conditions, and thereby limit any resulting damage to a minimum. System short-circuit current protection is normally provided by fuses and circuit-breakers. The principle intent of these calculations is to provide sufficient information to enable such devices to be selected with confidence that they are capable of providing the necessary protection. In addition, the calculations may be used to help select devices capable of limiting the short-circuit current to within the capabilities of the protective devices.

When calculating short-circuit currents, it is important to understand the difference between the short-circuit current generated by an individual piece of equipment, and the short-circuit current which results when several pieces of equipment are connected in a system. When an isolated machine is being considered, only the electrical parameters of the machine affect the short-circuit current generated. In a system, however, this current is limited by the impedance of the non-active components, for example, cables, transformers, etc., forming the system, changing both the transient and steady-state values of the resulting short-circuit current.

The majority of marine/offshore electrical systems are operated with the neutral point insulated from the hull or connected to it through an impedance. In such systems, the highest value of short-circuit current is the three-phase short circuit. If the neutral point is directly connected to the hull, then the line-to-line to ship's hull, or line-to-ship's hull short circuit may produce a higher current.

4.2 Calculation accuracy

Clause 5 outlines equations for calculating the short-circuit current of various system active components.

When analyzing the calculation results, cognizance should be given to the inherent accuracy involved in determining the characteristic parameters of the active components which determine the magnitude of the short-circuit current. The tolerances accepted for the subtransient and transient impedance may change the calculated short-circuit current to a greater extent than the tolerances accepted for the time constants. The active component equations developed in this standard are considered to describe the three-phase short-circuit conditions within sufficient accuracy for practical applications.

When applied to system calculations, the accuracy of the final result depends not only on the inherent accuracy of the component characteristic parameters but also on the method of calculation used, the calculating formulae and the relative importance of a particular component in the system with regard to its ability to produce or attenuate short-circuit current. Assumptions can be made in order to simplify the calculating procedures (see clause 6), but simplifications will result in a loss of accuracy. Good simplifications will produce conservative results leading to higher values of short-circuit current than would actually flow in the physical system.

4.3 Basic assumptions

A complete short-circuit current calculation should give the value of the current at each point in time, from its initiation until its finish. The calculation should give cognizance to the preload conditions, the inherent characteristics of the active components, the damping effects of the non-active components, and the instantaneous voltage at the different points of the system at the start of the short circuit.

Such a calculation is considered unnecessary for most practical engineering purposes, and accordingly beyond the scope of this standard.

The formulae described herein, calculate the upper envelope of the maximum values of the time dependent short-circuit current (see figure 2). The envelope is calculated using particular machine characteristic parameters obtainable from equipment manufacturers using recognized testing methods, and applying the following assumptions:

- a) all system capacitances are neglected;
- b) at the start of the short circuit, the instantaneous value of voltage in one phase at the fault point is zero;
- c) during the short-circuit, there is no change in the short-circuit current path;
- d) the short-circuit arc impedance is neglected;
- e) transformers are set at the main tap position;
- f) the short circuit occurs simultaneously in all three phases;
- g) for generators connected in parallel, all generators share their active and reactive load proportionally at the start of and during the short circuit;
- h) during each discrete time interval, all circuit components react linearly.

With the above assumptions, the calculation results are considered to be acceptable to achieve the objectives of this standard.

The short-circuit current envelope is normally described during the first few milliseconds of fault initiation (the subtransient period), in addition to the following milliseconds (the transient period) and seconds (the steady-state period) of the fault. The short-circuit current produced by a synchronous generator is greatly affected by the characteristics of its voltage regulator. To calculate the exact effects of the regulator requires precise regulator design information, and the resulting equations cannot easily be evaluated. The steady-state value of the short-circuit current produced taking account of the regulator can, however, generally be obtained from the generator manufacturer.

For the symmetrical three-phase fault condition, only the positive-sequence components of the system components need be considered.

4.4 Calculation methods

The formulae developed in clause 5 are considered to be the most suitable for calculating the short-circuit currents. When full information is not available, such formulae cannot be used unless simplified. Any simplification generally infers an approximation or neglect of certain parameters and hence causes inaccuracies in the calculated results. Clause 6 outlines various simplifications and gives an indication of the resulting inaccuracies. Clause 8 outlines the application of these formulae to system calculations.

Two basic system calculation approaches can be taken, time-dependent and non-time dependent. In some cases, the time-dependent nature of the short-circuit current can be neglected. However, when an accurate analysis is required, for example to determine the ratings of non-current-limiting, type circuit-breakers (as in low-voltage systems) or the d.c. component is important (as for medium-voltage systems), a time dependent calculation is required.

For both methods of calculation, the system is divided into its active and non-active components. The active components are sources of short-circuit current, the non-active components transmit or transform the short-circuit current to distribute it from the source to the fault point. Each component is represented by a mathematical model formulated from its characteristic parameters.

Equally rated, parallel connected components such as motors and generators may be considered as a single "lumped" machine. To complete a time-dependent calculation for a system involving a number of dissimilar active components, the equivalent generator method as described in clause 7 shall be used.

For motors, it is necessary to distinguish between "small" and "large" motors. A group of small motors connected to a common distribution point may be considered as a single equivalent motor at the distribution point. Large motors should be considered as separate short-circuit current sources.

NOTE – The term "large" is defined in 6.3.3.

Precise equations to describe the behaviour of shaft generators using frequency converters depend on several factors including individual manufacturers' system design. Accordingly, to describe such systems to the required accuracy would require a complex equation which cannot easily be evaluated. The method proposed by this standard divides a typical system into discrete components for which the short-circuit current can be evaluated. However, it is recommended that, whenever possible, a particular manufacturer's advice should be obtained.

5 System components and models

5.1 Active components

5.1.1 Synchronous machines

5.1.1.1 General

The synchronous machines used on marine/offshore electrical installations comprise synchronous generators, motors and condensers. Knowledge of the short-circuit current produced by these machines is fundamental to the calculation of the short-circuit current of an electrical system.

During the first few cycles of a short circuit all synchronous machines respond in a similar way and accordingly the short-circuit current produced has the same basic characteristics.

Synchronous generators may be either compound or shunt-excited. For shunt-excited machines, the excitation current may fall to near zero during the short-circuit condition, with consequent loss of short-circuit current. On compound excited machines, the short-circuit current is used to control and maintain the excitation current. Accordingly, for similarly rated shunt and compound excited generators, the compound excited machine will produce higher values of short-circuit current after the subtransient effects have decayed.

5.1.1.2 Equivalent electrical circuit

To calculate the three-phase terminal short-circuit current of a synchronous machine, the characteristic parameters are connected together in the positive-sequence component network as shown in figure 1.

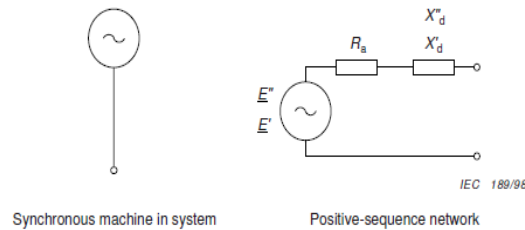


Figure 1 – Synchronous machine positive-sequence component network

5.1.1.3 Basic calculation

The calculation of the short-circuit current for a synchronous machine is based on evaluating the envelope of the maximum values of the machine's actual time-dependent short-circuit current. The resulting envelope is a function of the basic machine parameters (power, impedance, etc.) and the active voltages (E'' , E' , E) behind the machine's subtransient, transient and steady-state impedance. The impedances are dependent upon the machine operating conditions immediately prior to the occurrence of the short-circuit condition.

a) Active voltages

For an accurate calculation, the active voltages shall be considered in both the direct and quadrature axis during the subtransient and transient periods (E''_d , E'_d , E''_q , E'_q) and evaluated taking into account the voltages due to the prefault load currents acting upon the direct and quadrature axis impedance during the subtransient and transient periods.

b) Machine impedance

The machine impedance includes both the resistance and reactance acting in the direct and quadrature axis.

Although, for calculation purposes, the machine reactance is assumed to be constant, it is only constant for the respective subtransient, transient and steady-state periods of the short-circuit current.

c) Subtransient and transient short-circuit time constants

The decay of the a.c. component of the short-circuit current is characterized by the machine subtransient and transient time constants.

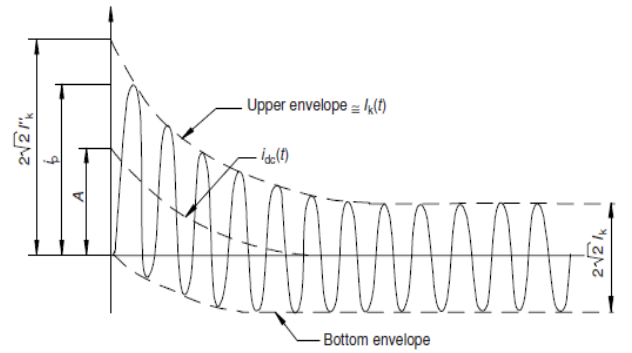
The subtransient time constant T''_d relates to the initial decay of the a.c. component of the short-circuit current, and is dependent on the damping effects of the rotor circuit (mainly the damper winding).

The transient time constant T'_d relates to the decay of the a.c. component of the short-circuit current. It depends mainly on the damping effects of the excitation circuits.

The d.c. time constant T_{dc} relates to the decay of the aperiodic component of the short-circuit current and depends on the damping characteristics of the stator circuit.

5.1.1.4 Three-phase short-circuit current

The three-phase short-circuit current condition occurs when all three phases are simultaneously shorted together. The resulting current is a complex time-dependent function occurring in each phase. The current contains both a.c. and d.c. components typically as shown in figure 2.



I_k' initial symmetrical short-circuit current

i_p peak short-circuit current

I_k steady-state short-circuit current

i_{dc} decaying (aperiodic) component of short-circuit current

A initial value of the aperiodic component

IEC 190/98

Figure 2 – Synchronous generator terminal short-circuit current time function

The current at any one point in time depends upon the instantaneous values of the machine characteristics as outlined in 5.1.1.3. For a three-phase short-circuit condition, only the positive-sequence network (figure 1) is of consequence.

5.1.1.5 Calculation of the three-phase short-circuit current

As indicated in 5.1.1.3, to evaluate the short-circuit current accurately, the machine characteristics are to be considered in both the direct and quadrature axis. Such a calculation is extremely complex, and the additional accuracy obtained over other calculation methods does not warrant the work involved.

If the quadrature axis current components are neglected, the results will be within +10 % of the results when the quadrature components are included.

The maximum values of short-circuit current will occur when the prefault machine is operated at its rated values of load, voltage, frequency, and power factor.

NOTE 1 – If the prefault machine is operated below its rated active power but above its rated reactive power (kvar), the overrated excitation level will cause short-circuit currents in excess of the upper limit of the short-circuit current referred to above.

When calculating the short-circuit current, only the highest values of the current are considered. Figure 2 shows that the highest values vary as a function of time along the upper envelope of the complex time-dependent function. The current defined by this upper envelope is calculated from the equation:

$$i_k(t) = \sqrt{2} I_{ac}(t) + i_{dc}(t) \quad (1)$$

For normal application purposes it is usual to calculate three functions from this envelope, the a.c. component $I_{ac}(t)$, the d.c. component $I_{dc}(t)$ and the maximum possible peak value i_p .

a) The a.c. component $I_{ac}(t)$

The a.c. component time function $I_{ac}(t)$ is characterized by the subtransient, transient and steady-state currents during the subtransient and transient time periods. These time periods are defined by the direct-axis subtransient and transient time constants T_d'' and T_d' .

$$I_{ac}(t) = (I_{kd}'' - I_{kd}') e^{-t/T_d''} + (I_{kd}' - I_{kd}) e^{-t/T_d'} + I_{kd} \quad (2)$$

The subtransient and transient initial values of the three-phase short-circuit currents, I_{kd}'' and I_{kd}' can be evaluated using the active voltages behind the respective impedance, using equations (3) and (4).

$$I_{kd}'' = E_{q0}'' / Z_d'' = E_{q0}'' / (R_a^2 + X_d''^2)^{1/2} \quad (3)$$

$$I_{kd}' = E_{q0}' / Z_d' = E_{q0}' / (R_a^2 + X_d'^2)^{1/2} \quad (4)$$

$I_{kd} = I_k$ which is the steady-state short-circuit current, should generally be obtained from the manufacturer.

The active voltages E_{q0}'' , E_{q0}' depend upon the preload current and can be evaluated using equations (5) and (6) which are derived from the vectorial equations (7) and (8).

$$E_{q0}'' = \frac{U_0}{\sqrt{3}} \cos \phi_0 + R_a I_0^2 + \frac{U_0}{\sqrt{3}} \sin \phi_0 + X_d'' I_0^2 \quad (5)$$

$$E_{q0}' = \frac{U_0}{\sqrt{3}} \cos \phi_0 + R_a I_0^2 + \frac{U_0}{\sqrt{3}} \sin \phi_0 + X_d' I_0^2 \quad (6)$$

$$E_{q0}'' = U_0 / \sqrt{3} + I_0 Z_d'' \quad (7)$$

$$E_{q0}' = U_0 / \sqrt{3} + I_0 Z_d' \quad (8)$$

where

$$Z_d'' = (R_a + jX_d'')$$

$$Z_d' = (R_a + jX_d')$$

NOTE 2 – If the synchronous machine is operating at the nominal voltage of the network and at rated current before the short circuit, then $U_0 = U_n$ and $I_0 = I_r$.

b) The d.c. component $i_{dc}(t)$

The d.c. component $i_{dc}(t)$ can be evaluated from equation (9).

$$i_{dc}(t) = \sqrt{2} (I_{kd}'' - I_0 \sin \phi_0) e^{-t/T_{dc}} \quad (9)$$

c) The peak value i_p

The peak value of the short-circuit current occurs between time $t = 0$ and $t = T/2$ of the short-circuit condition. The exact time depends on the preload conditions, the generator impedance and time constants. However, it is acceptable to calculate i_p at time $T/2$, i.e. at the first half-cycle of the short-circuit condition, using equation (10).

$$i_p = \sqrt{2} I_{ac}(t) + i_{dc}(t) \quad (10)$$

5.1.2 Asynchronous motors

5.1.2.1 General

Asynchronous motors can be considered in two broad groups:

- large motors;
- small motors.

The grouping depends upon both the system generator capacity and the actual motor rating. Motors driving thrusters, cargo pumps, cranes and heavy deck machinery, are normally "large", whereas the motors powering the ships auxiliary systems (fuel transfer, purifiers, etc.) are "small".

When a short circuit occurs on a system, all motors connected at the instant of short circuit, contribute to the short-circuit current. Large motors must be evaluated individually. Small motors may be grouped together and treated as an equivalent single source.

A single large motor is considered in the same manner as a generator, using its characteristic parameters to calculate the upper envelope of the maximum current produced under the short-circuit condition.

5.1.2.2 Equivalent electrical circuit

For three-phase short-circuit fault conditions, only the positive-sequence component network is considered (figure 3).

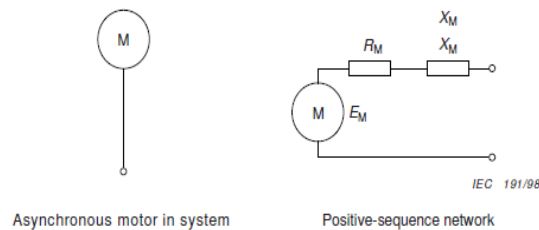


Figure 3 – Asynchronous motor positive-sequence component network

5.1.2.3 Basic calculation

For three-phase short circuits, asynchronous motors contribute short-circuit current for a short period of time. The short-circuit current depends on the internal subtransient active voltage, the impedance and time constants, and comprises both an a.c. and a d.c. component, which decay under the appropriate subtransient and d.c. time constants.

5.1.2.4 Motor impedance

The motor resistance and reactance indicated on the positive-sequence network (see figure 3) are the motor stator and rotor resistance and reactance, referred to the stator voltage, i.e. at slip $s = 1$.

$$R_M = R_R + R_S \quad (11)$$

$$X_M = X_R + X_S \quad (12)$$

5.1.2.5 Time constants

The subtransient time constant T_M'' relates to the rapid decay of the a.c. component. It depends mainly on the damping effect of the rotor circuit and can be evaluated from equation (13).

$$T_M'' = \frac{(X_R + X_S)}{\omega_r R_R} \quad (13)$$

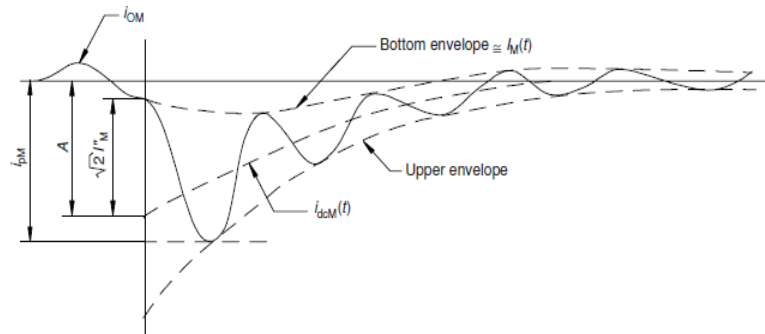
The d.c. time constant relates to the decay of the aperiodic component of the short-circuit current. It depends mainly on the damping effect of the stator circuit and can be evaluated from equation (14).

$$T_{dcM} = \frac{(X_R + X_S)}{\omega_r R_S} \quad (14)$$

5.1.2.6 Three-phase short-circuit current calculation

The upper envelope of the maximum values of the three-phase short-circuit current of an asynchronous motor is shown in figure 4. It can be calculated from equation (15).

$$i_M(t) = \sqrt{2} i_{acM}(t) + i_{dcM}(t) \quad (15)$$



- i_{0M} no-load current
- I_M'' initial symmetrical short-circuit current
- i_{pM} peak short-circuit current
- i_{dcM} decaying (aperiodic) component of the short-circuit current
- A initial value of the aperiodic component i_{dc}

Figure 4 – Time function of the terminal short-circuit current of an asynchronous motor

a) The a.c. component $i_{acM}(t)$

The a.c. component depends on the subtransient effects of the machine and can be calculated from equation (16).

$$i_{acM}(t) = I''_M e^{-t/T''_M} \quad (16)$$

where I''_M can be calculated from equation (17).

$$I''_M = E''_M / [(R_R + R_S)^2 + (X_R + X_S)^2]^{1/2} \quad (17)$$

The voltage E''_M is dependent on the motor terminal voltage, the motor load current and power-factor at the time of the short circuit. It can be calculated from equation (18).

$$\underline{E''_M} = (\underline{U_{rM}} / \sqrt{3}) - \underline{I_{rM}} \underline{Z''_M} \quad (18)$$

where $\underline{Z''_M} = R_M + jX''_M$

Equation (18) expressed in its scalar version is shown in equation (19).

$$E''_M = \frac{U_{rM}}{\sqrt{3}} \cos \phi_M - R_M I_{rM} + \frac{U_{rM}}{\sqrt{3}} \sin \phi_M - X''_M I_{rM} \quad (19)$$

b) The d.c. component $i_{dcM}(t)$

The d.c. component can be calculated from equation (20).

$$i_{dcM}(t) = \sqrt{2} (I''_M + I_{rM} \sin \phi_M) e^{-t/T_{dcM}} \quad (20)$$

where $\cos \phi_M$ is the motor power factor.

c) The peak value i_{pM}

The peak value can be calculated using equation (21).

$$i_{pM} = \sqrt{2} i_{acM}(t) + i_{dcM}(t) \quad (21)$$

evaluated at time $t = T/2$.

5.1.3 Shaft generators

5.1.3.1 General

A shaft generator is any generator deriving its mechanical power from the ship's main propulsion shaft line, such as:

- a) synchronous generators driven by a mechanical, hydraulic or electric drive system arranged to operate at a fixed speed;
- b) asynchronous generators operating with variable frequency excitation on the rotor circuit;
- c) d.c. or a.c. generators using converter equipment to connect to the power system.

The short-circuit current for a) and b) above may be evaluated as outlined in 5.1.1. Evaluation of the short-circuit current for d.c. or a.c. generators using converter equipment to connect to the power system requires special consideration.

5.1.3.2 Converter connected generators

Documentation on the short-circuit characteristics of generators connected by converter systems is scarce. There are many different schemes available and in all cases the manufacturer should first be consulted to obtain the specific generator system's short-circuit operating conditions.

BS IEC 61363-1:1998

Short-circuit current evaluation requires an accurate knowledge of the converter control system characteristics and the converter protective functions including current-limiting devices, static switches and any other devices which will limit the short-circuit current. Even when full information is available, an accurate calculation is complicated due to the switching action of the solid-state devices.

In the absence of manufacturer's information, the following method shall be used to predict the short-circuit current.

a) General circuit diagram

Figure 5 shows the general arrangement of a shaft generator connected to a system with a converter. The generator may be a.c. or d.c. in which case, only one converter bridge would be used.

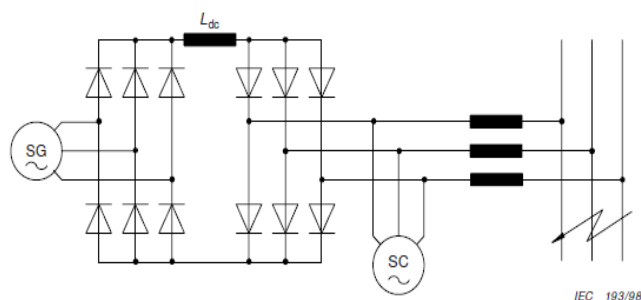


Figure 5 – Shaft generator system with converter

b) Assumptions

In calculating shaft generator system short-circuit currents, the following assumptions are made:

- all components continue to function normally throughout the short circuit;
- the system only contributes to the peak short-circuit current;
- for the period of time considered by the calculation, no circuit protective devices operate;
- the generator sees the short circuit as a three-phase short-circuit fault;
- the converter continues to commute for at least 10 ms.

Using the above assumptions, the circuit of figure 5 can be represented as a system impedance diagram shown in figure 6.

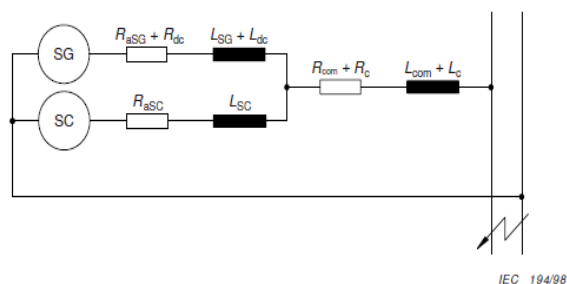


Figure 6 – System impedance diagram of a shaft generator system with converter

The inverter can be combined with the synchronous condenser (pony-set) to enable the shaft generator to be treated as a conventional synchronous generator. It should be noted however that:

- L_{dc} is the inductance of the d.c. circuit.

To obtain the short-circuit current at time $t = 5 \text{ ms}$, L_{dc} may be reduced by a factor $2/(\pi\sqrt{3})$.

- The shaft generator may be operating at a lower frequency.

This may be incorporated by reducing L_{SG} by the factor f_e/f_r , where f_e is the lowest frequency of the shaft generator at which rated voltage is generated, and f_r is the rated network frequency.

- L_{com} is the inductance of the commutation coils.
- L_{SC}^* is the subtransient inductance of the synchronous condenser.

From figure 6 it can be seen that dependent on the ratio of L_{dc} to the subtransient reactance of the synchronous condenser L_{SC}^* the contribution of the shaft generator may be neglected.

5.1.3.3 Shaft generators with self-commutating inverters

A shaft generator using a self-commutated inverter is shown in figure 7.

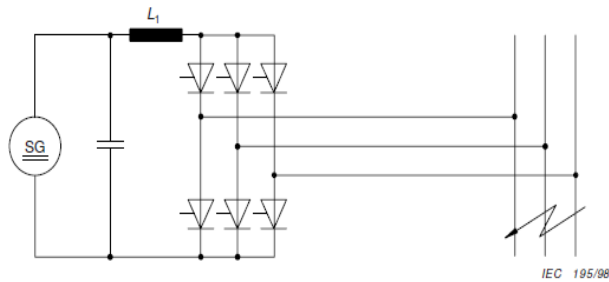


Figure 7 – Shaft generator with self-commutating inverter

For this system, the semi-conductor devices are switched off before the short-circuit current reaches its maximum controllable peak value, or the current is limited by fast-acting current-limiting fuses.

Assuming that the semi-conductor devices conduct for a minimum of 0,1 ms from initiation of the short circuit, the current will increase linearly with time, at a rate determined by the current-limiting inductance L_1 (see figure 7), until it reaches its maximum. The magnitude of the peak current should be obtained from the manufacturer. In the lack of precise data the peak current may be assumed to be twice the generator rated current at time $t = 0,1 \text{ ms}$. This peak will occur before the peak current of the active (rotary) components, and therefore does not contribute to the peak short-circuit current in a network.

If the short circuit occurs further from the converter terminals, the impedance of the connecting circuit shall be included in the calculations.

5.1.4 Converter fed motors

Converter fed motors can contribute to the short-circuit current only if the converter consists of two anti-parallel connected SCR's and the reversing SCR is or becomes conducting. These situations can be handled in the same manner as a shaft generator with inverter by omitting the synchronous condenser.

5.2 Non-active components

5.2.1 General

System non-active components are the cables, transformers and reactors. Such components attenuate the short-circuit current and do not contribute short-circuit current.

5.2.2 Cables

The positive-sequence component network is shown in figure 8.

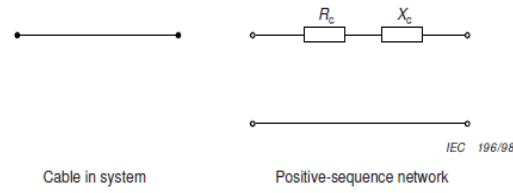


Figure 8 – Cables positive-sequence component network

The cable impedance comprises resistance and reactance. Consideration should be given to the temperature of the conductors during normal service and the temperature rise due to the short-circuit current. In most cases the resistance and reactance values can be obtained from manufacturing standards and evaluated for a conductor temperature of 20 °C and rated system frequency.

For cables connected in parallel, attention is drawn to 8.5.2 of IEC 60092-202.

5.2.3 Transformers

Figure 9 shows the positive-sequence component network for a transformer. This network includes the leakage values of resistance and reactance which may be obtained from the manufacturer.

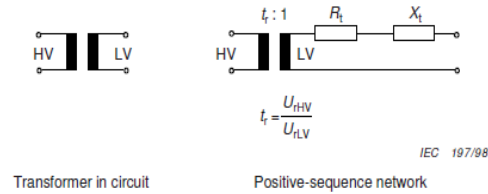


Figure 9 – Transformer positive-sequence component network

The positive-sequence resistance, reactance and impedance can be calculated from equations (22), (23) and (24). The values of u_{rR} and u_{rk} are in %.

$$R_T = u_{rR} U_r^2 / 100 S_{rT} \quad (22)$$

$$X_T = (Z_T^2 - R_T^2)^{1/2} \quad (23)$$

$$Z_T = u_{rk} U_r^2 / 100 S_{rT} \quad (24)$$

If the ohmic losses P_{Cu} are known, the resistance can be calculated from equation (25).

$$R_T = P_{Cu} / 3 I_{TT}^2 \quad (25)$$

5.2.4 Reactors

The positive sequence component network for a reactor is shown in figure 10. The reactor resistance is generally small and may be neglected. The reactance is normally quoted as a percentage and can be calculated from equation (26). The values of u_{rL} is in %.

$$X_L = u_{rL} U_r / (100 \sqrt{3} I_r) \quad (26)$$

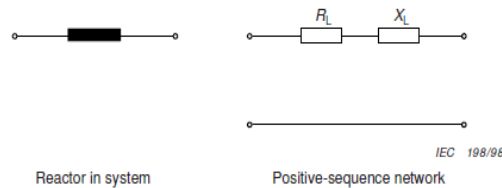


Figure 10 – Reactor positive-sequence component network

6 Simplifying assumptions

6.1 General

The formulae in clause 5 are the most appropriate for calculating time-dependent short-circuit currents occurring at the terminals of equipment. When components are connected together in a system, it is desirable to simplify the calculating formulae and standardize the calculation method.

Any simplification inevitably introduces errors. Accordingly, the degree of simplification chosen will depend not only on the data available but also on the accuracy permitted in the final result. If full information is available, the formulae of clause 5 should be used. If information is limited, an appropriate formula from this clause may be used.

This clause outlines approximations which can be made to simplify a calculation, and indicates the resulting loss of accuracy when compared to more sophisticated methods. It shall remain the system engineer's responsibility to decide how much loss of accuracy can be tolerated in a calculation, and choose formulae as appropriate.

6.2 Synchronous machines

6.2.1 Three-phase short-circuit currents

The formulae of 5.1.1.5 require knowledge of the machine parameters in addition to the preload conditions and power factor.

For short-circuit current calculations where the primary interest is in the selection of protective equipment, several reasonable assumptions can be made which will simplify the calculating procedures yet still retain an adequate accuracy in the result, during the time period being considered.

These assumptions include:

- a) ignoring stator resistance, negligible error;
- b) ignoring preload conditions, results will be within 5 % and 10 %;
- c) ignoring the transient decay of the a.c. component, excessive inaccuracies occur in the peak short-circuit current;
- d) ignoring the subtransient and transient decay of the a.c. component, excessive inaccuracies occur in the peak short-circuit current.

6.2.2 Effect of stator resistance

If the stator resistance R_a is unavailable it may be ignored in formulae (3), (4), (5), (6), (7), and (8). For a short-circuit current calculated at the terminals of a machine, the result will be higher but well within acceptable tolerances. For system calculations, the error is negligible.

6.2.3 Effect of preload condition

If the preload condition, I_0 , is ignored in equations (5), (6), (7) and (8) the values of E'_{q0} and E'_{q0} can be assumed to be equal, and equal to $U_0/\sqrt{3}$. This in effect calculates the short-circuit current assuming a generator on no load, and results in a lower calculated value of the symmetrical short-circuit current (generally less by 10 %).

6.2.4 Neglecting transient component decay of the a.c. component

If the transient component decay is ignored, excessive inaccuracies occur in the peak short-circuit current. Such inaccuracies will invalidate any results calculated beyond the first half-cycle of the fault condition, and accordingly this approximation is *not* recommended when time-dependent calculations are required.

Using this approximation formula (2) becomes:

$$I_{ac}(t) = (I'_{kd} - I'_{kd}) e^{-t/T'_d} + I'_{kd} \quad (27)$$

6.2.5 Neglecting short-circuit current decay

In clause 5, the formulae are based on calculating the decay of the envelope of the short-circuit current as a result of the subtransient, transient and synchronous components. If this decay is ignored, the a.c. component of the short-circuit current can be assumed to be a ratio of a constant voltage divided by constant subtransient reactance and the d.c. component as a proportional constant. Stator resistance and preload currents should be ignored and the peak current calculated assuming maximum asymmetry.

These assumptions should only be made when estimating approximate values as the results will produce excessive errors for calculations required beyond the first 0,5 cycles.

The calculating formulae become:

$$I_{ac} = U_0 / (\sqrt{3} X''_d) \quad (28)$$

$$i_{dc} = \sqrt{2} I_{ac} = A \quad (29)$$

$$i_p = \sqrt{2} I_{ac} + i_{dc} \quad (30)$$

i.e.

$$i_p = 2 \sqrt{2} I_{ac} \quad (31)$$

NOTE 1 – U_0 is the generator prefault voltage. To ensure that the calculation includes the maximum value of the short-circuit currents, it should be assumed that in the prefault condition, the generators are being operated at their rated value.

NOTE 2 – To provide a closer estimate of the peak value at 0,5 cycles, the factor 2 may be replaced by 1,8.

6.2.6 Time constants

If the a.c. and d.c. time constants are unavailable, they can be calculated from the machine open-circuit time constants and impedance as follows:

a) Subtransient time constant (usually of the order of 1 ms to 30 ms):

$$T''_d = (X''_d / X'_d) T'_{do} \quad (32)$$

b) Transient time constant (usually of the order of 20 ms to 1200 ms):

$$T'_d = (X'_d / X_d) T'_{do} \quad (33)$$

c) d.c. time constant (usually of the order of 15 ms to 300 ms):

$$T_{dc} = X''_d / (2\pi f_t R_a) \quad (34)$$

6.3 Asynchronous motors

6.3.1 First approximations

As a first approximation, it may be assumed that all asynchronous motors connected at the time of the short circuit, contribute an a.c. short-circuit current equal to their starting current. (Usually 4 to 7 times the machine normal full-load current.)

It may also be assumed that the motor contribution is constant throughout the complete short-circuit fault period.

Such assumptions will give higher values of short-circuit currents than will occur on the actual installation. The error will depend upon the number and size of motors connected.

6.3.2 Neglecting the motor preload conditions

Equations (18) and (19) calculate the motor internal subtransient voltage E''_M and include the effect of the motor preload conditions. The preload motor condition can be neglected with negligible error such that:

$$E''_M = U_{rM} / \sqrt{3} \quad (35)$$

Further, if the connecting cables are short, U_{rM} can be approximated to U_n , the system nominal voltage:

$$E''_M = U_n / \sqrt{3} \quad (36)$$

Similarly in equations (17) and (20) for the a.c. and d.c. components, the motor preload current may be neglected and the equations become:

$$I''_M = (U_n / \sqrt{3}) / [(R_R + R_S)^2 + (X_R + X_S)^2]^{1/2} \quad (37)$$

and

$$i_{dcM}(t) = \sqrt{2} I''_M e^{-t/T_{dcM}} \quad (38)$$

BS IEC 61363-1:1998

6.3.3 General data for large motors

For any motor rated more than 100 kW or 15 % of the normal connected generator capacity, the formulae of clause 5 should be used. If insufficient motor data is available, the following approximate values for the motor characteristic parameters may be used.

a) Motor impedance Z''_M

For both 50 Hz and 60 Hz installations

$$Z''_M = 0,16 \text{ p.u.}$$

$$x''_M = 0,15 \text{ p.u.}$$

$$r_s = 0,034 \text{ p.u.}$$

$$r_R = 0,021 \text{ p.u.}$$

$$r_M = r_s + r_R = 0,055 \text{ p.u.}$$

where

Z''_M is the locked rotor impedance.

b) Time constants

$$\text{— at 60 Hz, } T''_M = 18,67 \text{ ms} \quad T_{dcM} = 11,73 \text{ ms}$$

$$\text{— at 50 Hz, } T''_M = 22,4 \text{ ms} \quad T_{dcM} = 14,08 \text{ ms}$$

c) Ignoring preload current

If the preload current is ignored, using the above characteristic parameters gives:

$$I''_M = 6,25 I_{rM} \quad (39)$$

$$I_{acM} = 4,00 I_{rM} \quad \text{at } t = T/2 \quad (40)$$

$$\dot{i}_{pM} = 10 I_{rM} \quad (41)$$

d) Using motor locked rotor current

If the motor locked rotor current I_{LR} is known, it may be assumed that I''_M is equal to I_{LR} .

e) When full motor data is unavailable the motor input kVA may be calculated as follows:

$$\text{Induction motors} \quad 1 \text{ kW} = 1,34 \text{ kVA}$$

$$\text{Synchronous motors 1,0 pf} \quad 1 \text{ kW} = 1 \text{ kVA}$$

For approximate calculations the product of motor power factor and efficiency may be considered equal to 0,8.

6.3.4 General data for small motors

Small motors connected to the same bus may be considered as a single equivalent motor, having a rated current equal to the sum of the individual motor rated currents, and connected to the system at their common bus.

The total motor group including their connecting cables may be considered as a single equivalent motor having the following characteristic parameters:

a) Motor impedance Z''_M

For both 50 Hz and 60 Hz:

$$Z''_M = 0,2 \text{ p.u.}$$

$$x''_M = 0,188 \text{ p.u.}$$

$$r_s = 0,043 \text{ p.u.}$$

$$r_R = 0,027 \text{ p.u.}$$

$$r_M = r_s + r_R = 0,07 \text{ p.u.}$$

b) Time constants

- at 60 Hz $T_M^* = 18,67$ ms $T_{dcM} = 11,73$ ms
- at 50 Hz $T_M^* = 22,4$ ms $T_{dcM} = 14,08$ ms.

c) Ignoring preload current

If the preload current is ignored then using the above characteristic parameters leads to:

$$I_M^* = 5 I_{rM} \quad (42)$$

$$I_{acM} = 3,2 I_{rM} \quad \text{at } t = T/2 \quad (43)$$

$$i_{pM} = 8 I_{rM} \quad (44)$$

d) The formulae of 6.3.3 may be used to calculate motor kVA.

6.3.5 Limited service asynchronous motors

The short-circuit current of motors designed to work in limited service, whose parameters are not completely known, may be calculated assuming the motor is in continuous service and operating at reduced power.

7 Application of the equivalent generator

7.1 General

For systems with generators and/or motors having different ratings and/or characteristics, the generators and motors shall be combined to form an "equivalent generator" or an "equivalent motor".

7.2 Assumptions

The calculation method assumes that the short-circuit current at any point on an installation can be evaluated by replacing the active components with those of an equivalent generator and/or motor, having characteristics which will produce the same short-circuit current as the active components it replaces.

7.3 Evaluation of the equivalent motor

7.3.1 General

To evaluate the equivalent motor, the short-circuit current for each individual motor shall be calculated at the point of common connection, as outlined in 5.1.2.6.

The individual short-circuit currents shall then be arithmetically summed to determine the total short-circuit currents $I_{acM}(t)_{To}$ and $i_{dcM}(t)_{To}$, using equations (45) and (46).

$$I_{acM}(t)_{To} = I_{acM}(t) \quad (45)$$

and

$$i_{dcM}(t)_{To} = i_{dcM}(t) \quad (46)$$

The short-circuit current summation shall be used to determine the characteristic parameters of an equivalent motor which would produce the same short-circuit currents as calculated above.

The short-circuit current of the equivalent motor $I_{acM*}(t)_{To}$ and $i_{dcM*}(t)_{To}$ are equal to $I_{acM}(t)_{To}$ and $i_{dcM}(t)_{To}$ evaluated at a specific point in time, i.e.:

$$I_{acM*}(t) = I_{M*}^* e^{-t/T_{M*}} \quad (47)$$

$$i_{dcM*}(t) = \sqrt{2} I_{M*}^* e^{-t/T_{M*}} \quad (48)$$

7.3.2 Determination of the equivalent motor parameters

To evaluate equations (47) and (48), the equivalent motor parameters shall be calculated as follows:

a) Equivalent motor subtransient current I''_{M*} .

I''_{M*} can be calculated by summing the individual motor currents I''_M , each calculated according to equation (17):

$$I''_{M*} = I''_M \quad (49)$$

b) Equivalent motor subtransient impedance Z''_{M*} .

Z''_{M*} shall be calculated by using the above value of I''_{M*} in equation (50):

$$Z''_{M*} = U_0 / (\sqrt{3} I''_{M*}) \quad (50)$$

c) Equivalent motor time constants T''_{M*} , T_{dcM*} .

$$T''_{M*} = -t_x / \ln [K''_M(t_x) / I''_{M*}] \quad (51)$$

$$T_{dcM*} = -t_x / \ln [K_{dcM}(t_x) / (\sqrt{2} I''_{M*})] \quad (52)$$

$K''_M(t_x)$ and $K_{dcM}(t_x)$ shall be evaluated using equations (53) and (54):

$$K''_M(t_x) = I''_M e^{-t_x/T''_M} \quad (53)$$

$$K_{dcM}(t_x) = \sqrt{2} I''_M e^{-(t_x/T_{dcM})} \quad (54)$$

t_x is the point in time at which the currents are calculated.

d) Equivalent motor resistance and reactance

The resistance and reactance shall be calculated as follows:

$$R_{R*} = c_1 X''_{M*} \quad (55)$$

$$R_{S*} = c_2 X''_{M*} \quad (56)$$

where

$$c_1 = 1/(2\pi f T''_{M*}) \quad (57)$$

$$c_2 = 1/(2\pi f T_{dcM*}) \quad (58)$$

$$Z''_{M*} = [(R_{S*} + R_{R*})^2 + X''_{M*}{}^2]^{1/2} \quad (59)$$

and

$$X''_{M*} = Z''_{M*} / [1 + (c_1 + c_2)^2]^{1/2} \quad (60)$$

7.4 Evaluation of the equivalent generator

7.4.1 General

To evaluate the equivalent generator, the time-dependent short-circuit current for each individual generator and motor shall be calculated at the point of common connection, as outlined in 5.1.1.5 and 5.1.2.6.

The individual short-circuit currents are summed arithmetically to determine the total short-circuit current $I_{ac}(t)_{To}$, and $i_{dc}(t)_{To}$, using equations (61) and (62):

$$I_{ac}(t)_{To} = I_{acG}(t) + I_{acM}(t) \quad (61)$$

and

$$i_{dc}(t)_{To} = i_{dcG}(t) + i_{dcM}(t) \quad (62)$$

The short-circuit current summations shall then be used to determine the characteristic parameters of an equivalent generator which would produce the same short-circuit current as calculated above.

7.4.2 AC component $I_{ac}(t)$.

The a.c. component time function $I_{ac}(t)$, shall be calculated at any point in time using equation (61) above. This function includes the subtransient, transient and steady-state currents of the equivalent generator, i.e.:

$$I_{ac}(t) = (I'' - I') e^{-t/T''_{d*}} + (I' - I_{K*}) e^{-t/T'_{d*}} + I_{K*} \quad (63)$$

This equation can be rewritten as:

$$I_{ac}(t) = M e^{-t/T''_{d*}} + N e^{-t/T'_{d*}} + I_{K*} \quad (64)$$

The initial values of the equivalent generator subtransient, transient and steady-state three-phase short-circuit current, I'' , I' , and I_{K*} , shall be evaluated using equations (65), (66), and (67):

$$I'' = \sum_i^n I''_{kdi} + \sum_j^n I''_{Mj} \quad (65)$$

$$I' = \sum_i^n I'_{kdi} \quad (66)$$

$$I_{K*} = \sum_i^n I_{kdi} \quad (67)$$

The above summations apply to the i generators and j motors connected at a common point, for which the equivalent generator is being evaluated.

The constants M , and N , shall be calculated from equations (68), (69).

$$M = (I'' - I') \quad (68)$$

$$N = (I' - I_{K*}) \quad (69)$$

7.4.3 Equivalent generator subtransient time constant T''_{d*} .

To calculate T''_{d*} , it is necessary to define a function $K''(t)$ and for each generator where:

$$K''(t) = (I''_{kd} - I'_{kd}) e^{-t/T''_{d*}} + I'_{kd} \quad (70)$$

A similar function $K'(t)$, shall also be defined where:

$$K'(t) = M e^{-t/T''_{d*}} + I' \quad (71)$$

which is also equal to:

$$K''(t) = \sum_i^n K''(t) + \sum_j^n I''_{Mj} e^{-t/T''_{Mj}} \quad (72)$$

for each generator and motor.

The above equation shall be evaluated at time, t_x , in order to calculate $K''(t_x)$, which shall then be substituted in equation (73) to calculate T''_{d*} :

$$T''_{d*} = -t_x / \ln [(K''(t_x) - I') / M] \quad (73)$$

7.4.4 Equivalent generator transient time constant T'_{d*} .

T'_{d*} is calculated by evaluating equation (74) at time $t = t_x$ i.e.:

$$I_{ac}(t_x) = M e^{-t_x/T''_{d*}} + N e^{-t_x/T'_{d*}} + I_{K*} \quad (74)$$

BS IEC 61363-1:1998

$I_{ac}(t_x)_*$ is also equal to:

$$I_{ac}(t_x)_* = \sum_i^n I_{ac}(t_x)_i + \sum_j^n I_{acM}(t_x)_j \quad (75)$$

for the "i" generators and "j" motors being considered.

$M_* e^{-t_x/T_{d*}}$ is calculated from equations (68) and (73). N_* is calculated from equation (69), and I_{k*} is calculated from equation (67).

Hence T_{d*} is calculated using equation (76):

$$T_{d*} = -t_x / \ln [I_{ac}(t_x)_* - (M_* e^{-t_x/T_{d*}} + I_{k*}) / N_*] \quad (76)$$

7.4.5 DC time constant T_{dc*}

T_{dc*} shall be calculated by evaluating equation (77) at time $t = t_x$

$$i_{dc}(t_x)_* = \sqrt{2} I''_* e^{-t_x/T_{dc*}} \quad (77)$$

which is also equal to:

$$I_{dc}(t_x)_* = \sum_i^n i_{dc}(t_x)_i + \sum_j^n i_{dc}(t_x)_j \quad (78)$$

for the "i" generators and "j" motors being considered.

I''_* shall be calculated from equation (65) and hence T_{dc*} shall be calculated from equation (79):

$$T_{dc*} = -t_x / \ln [i_{dc}(t_x)_* / (\sqrt{2} I''_*)] \quad (79)$$

$i_{dc}(t_x)_*$ is calculated from equation (78).

7.4.6 Equivalent generator impedance

The resistance and reactance may be evaluated from the following formulae:

$$R_* = X''_* / 2 \pi f T_{dc*} = c_3 X''_* \quad (80)$$

where:

$$c_3 = 1 / (2 \pi f T_{dc*}) \quad (81)$$

The impedance may be evaluated from:

$$Z_* = (R_*^2 + X_*^2)^{1/2} \quad (82)$$

$$Z''_* = U_0 / (\sqrt{3} I''_*) \quad (83)$$

$$Z'_* = U_0 / (\sqrt{3} I'_*) \quad (84)$$

$$Z_* = U_0 / (\sqrt{3} I_*) \quad (85)$$

hence

$$X''_* = Z''_* / (1 + c_3^2)^{1/2} \quad (86)$$

$$X'_* = (Z'^2 - R_*^2)^{1/2} \quad (87)$$

$$X_* = (Z^2 - R_*^2)^{1/2} \quad (88)$$

8 System calculations

8.1 General

System calculations require the short-circuit current to be evaluated at:

- a) the main generating busbars;
- b) distribution boards connected to the main generating busbars;
- c) distribution boards or switchboards connected to the main generating busbars or a distribution board and fed through a transformer.

System short-circuit current calculations shall include the short-circuit current contributed by all motors and generators connected to the system including those at the main generating busbars, sub-switchboards and distribution boards. The formulae of clauses 5 and 6 calculate the time-dependent short-circuit current at the terminals of the system's components. For system calculations, these formulae shall be modified as described in the following clauses, in order to include the effects of the cables and transformers connecting the system's components to the distribution and switchboards.

It is difficult to establish a standard methodology to complete the system calculations but to ensure a consistent approach, a standard calculation procedure as outlined in 8.7 should be followed.

Because of the complexities involved, completing a detailed calculation can be time-consuming and accordingly "test" calculations shall be done as indicated in 8.3 to ascertain if the errors resulting from using a simplified or approximate method are acceptable.

8.2 Effects of non-active components connected in series with active components

8.2.1 General

When calculating the short-circuit current at a point on an installation which is connected by a non-active component (cables or transformers) to an active component (generators and motors), the non-active component impedance shall be taken into account. This impedance reduces the magnitude of the short-circuit current, increases the subtransient and transient time constants, and decreases the d.c. time constant. The net effect is a lower value of short-circuit current which decays more slowly.

8.2.2 Generators

a) Impedance changes

Non-active component impedances are taken into account by increasing the impedance of the active components.

In equations (3) and (4) Z''_d and Z'_d should be replaced by Z''_e and Z'_e where:

$$Z''_e = [(R_a + R)^2 + (X''_d + X)^2]^{1/2} \quad (89)$$

$$Z'_e = [(R_a + R)^2 + (X'_d + X)^2]^{1/2} \quad (90)$$

In equations (7) and (8), $\underline{Z}_d$ and $\underline{Z}'_d$ should be replaced by $\underline{Z}_e$ and $\underline{Z}'_e$ where:

$$\underline{Z}_e = \underline{Z}_d + \underline{Z} \quad (91)$$

$$\underline{Z}'_e = \underline{Z}'_d + \underline{Z} \quad (92)$$

b) Time-constant changes

The time constants shall include the added impedance of the non-active components.

BS IEC 61363-1:1998

The subtransient time constant T''_e can be calculated as follows:

$$T''_e = \frac{[(R_a + R)^2 + (X''_d + X)^2] X'_d T''_d}{[(R_a + R)^2 + (X''_d + X)(X'_d + X)] X'_d} \quad (93)$$

The transient time constant T'_e can be calculated as follows:

$$T'_e = \frac{[(R_a + R)^2 + (X'_d + X)^2] X_d T'_d}{[(R_a + R)^2 + (X'_d + X)(X_d + X)] X'_d} \quad (94)$$

The d.c. time constant T_{dce} can be calculated from:

$$T_{dce} = [T_{dc} + X / (2 \pi f R_a)] / (1 + R/R_a) \quad (95)$$

or

$$T_{dce} = (X''_d + X) / 2 \pi f (R_a + R) \quad (96)$$

8.2.3 Motors

a) Impedance changes

Non-active component impedance shall be taken into account by increasing the impedance of the active components.

Equations (11) and (12) shall be modified as follows:

$$R_{Me} = R_R + R_S + R \quad (97)$$

$$X''_{Me} = X_R + X_S + X \quad (98)$$

b) Time-constant changes

The time constants shall include the added impedance of the non-active components.

The subtransient time constant T''_{Me} shall be calculated as follows:

$$T''_{Me} = X''_{Me} / \omega_r R_R \quad (99)$$

The d.c. time constant T_{dcMe} can be calculated as follows:

$$T_{dcMe} = X''_{Me} / \omega_r (R_S + R) \quad (100)$$

8.3 Short-circuit current at the generator busbars

Calculation of the short-circuit currents at the generator busbars shall include:

- a) parallel connected generators;
- b) directly connected motors;
- c) motors and/or generators connected to distribution or sub-switchboards directly connected to the main generator busbars.

8.3.1 Running parallel connected generators

If the parallel connected generators have identical ratings and characteristics, they can be evaluated as one generator having a rating equal to the sum of the individual generator ratings.

Generator cables are generally short and can normally be neglected; however if they reduce the short-circuit current by more than 5 %, they shall be included by using the formulae outlined in 8.2.

If the generator cable lengths are within 5 % of each other, all generators shall be evaluated as if connected by identical cables of the same length.

To determine the effects of the generator cables or of different cable lengths, simple "test" calculations shall be done on one generator using approximate formulae. The "test" calculations should alternately include and ignore the cables, and consider maximum and minimum cable lengths. If the results are within 5 % of each other, then these effects shall be neglected without concern. For medium-voltage installations, the cable impedance has little effect, but for lower voltage systems, the effects can be considerable.

If the generators have different ratings, or the cable lengths and sizes cannot be neglected, then each generator shall be considered separately including the effect of its own cable as necessary, and the short-circuit currents evaluated using the equivalent generator methods of clause 7.

8.3.2 Directly connected motors

Motors shall be evaluated based on their rating relative to the installed generator capacity of the system. Small motors shall be grouped together and treated as a single equivalent motor. Large motors shall be evaluated using the methods of clause 5. If full data is not available, the information given in 6.3.3 may be used.

In practice, any contribution from motors will stop when their controllers drop out on loss of the a.c. voltage at the shorted bus. This may occur between 0,5 and 3 cycles.

The methods of clause 5 include the effects of the motor current decrement. The motor short-circuit current should be evaluated at each discrete time interval and arithmetically added to the generator short-circuit current at the same point in time. The generator-motor combinations can then be evaluated as a single equivalent generator as indicated in clause 7.

8.3.3 Motors and/or generators connected to other busses

Before completing an accurate calculation of the short-circuit current contribution due to motors and generators connected to other parts of the system, approximate calculations which neglect short-circuit current decrement shall be made and the significance of the contribution from these components shall be ascertained.

When accurate calculations are necessary, the generators and motors connected to other parts of the system shall be treated as outlined in 8.3.1 and 8.3.2 taking into account the current decrement. These contributions may then be added to the other contributors at the fault bus and an equivalent generator evaluated using the methods of clause 7.

8.4 Short-circuit currents at secondary busses directly connected to the generator bus

To calculate the short-circuit current at a secondary bus directly connected to the generator bus, the calculated short-circuit current of the components connected to the secondary bus, shall be evaluated using the equivalent generator method of clause 7, and including the effects of the interconnecting components between the sub-bus and the generator bus.

If the secondary bus is connected by a short length of cable having a large cross-sectional area, the connecting cable may be ignored, and the short-circuit conditions at the secondary bus considered as equal to those at the generator bus. To test the effects of the interconnecting cable, an approximate calculation shall be made in which the generator system is considered as an infinite system of known short-circuit capacity, and the effects of the interconnecting cable assessed by comparing the system impedance with the connecting cable impedance.

If a more accurate calculation is necessary, the generating system shall be considered as an equivalent generator and its reactance and time constants evaluated as outlined in clause 7. These characteristic parameters shall then be modified to include the connecting cable impedance as outlined in 8.2, and the time-dependent short-circuit current calculated.

8.5 Transformers

Calculation of the short-circuit current at the primary side of a transformer connected to the main generator bus, may or may not include the effects of the secondary circuit components. Similarly the calculation of the short-circuit current at the secondary side of a transformer may or may not include the effects of the primary circuit components.

Two main aspects shall be considered:

- a) the transformer is small enough so that the secondary system loads do not affect the primary system calculations and the calculated short-circuit current on the transformer secondary is not affected by the primary system loads;
- b) the transformer is large enough so that the secondary system loads affect the primary system calculations and the primary circuit components affect the calculated secondary system short-circuit current.

If the transformer is small and its impedance is large, then the primary circuit components will not affect the secondary system short-circuit current and the transformer shall be considered as if it is connected to an infinite busbar.

If the transformer is large and its impedance is small, then the calculations of the primary system short-circuit currents shall include the contributions of the motors and generators connected to the secondary system. Furthermore, the calculation of the secondary system short-circuit current shall include the effects of the primary circuit components.

Small and large are relative terms relating the transformer impedance to the system's impedance but a judgement cannot be made only on their absolute values. As a first approximation, the transformer impedance shall be compared with the system's impedance, (calculated to the same base quantities) and a judgement made by noting the increase which would result if the primary circuit components were included. If the impedance increases sufficiently to cause more than 5 % increase in the secondary side short-circuit current, the primary circuit components shall not be neglected.

Alternatively, the effects of the voltage drop which occurs due to a short circuit may be taken into account. The value of the short-circuit current at the transformer secondary terminals, evaluated assuming the transformer is connected to an infinite bus, may be used to determine the likely voltage drop on the primary bus, when the short circuit occurs. If the calculated voltage drop is less than 20 %, it is unlikely that the generators will react to the short circuit. In such cases, the generator's impedance will have negligible impact on the secondary terminal short-circuit currents, and the calculations on the secondary terminals may be completed by assuming the transformer is connected to an infinite bus.

NOTE – The formulae used to calculate the a.c. component of a generator's short-circuit current includes the term I_{kd} . I_{kd} which equals I_k is dependent upon the voltage forcing due to the generator's voltage regulator and it only affects the short-circuit current when the voltage regulator is "forcing", i.e. when the busbar voltage drops to near zero.

If the effects of the primary circuit components cannot be neglected, then the impedance due to the transformer must be added to the (equivalent) generator impedance, and new time constants evaluated. These new parameters may then be used to determine the time-dependent short-circuit currents as outlined in 8.2.

8.6 Semi-conductor converters used on variable speed drives

When considering the short-circuit current contribution of a motor supplied through a semi-conductor converter, it is essential to determine under which conditions the motor will contribute to the system's short-circuit current. Controlled semi-conductor devices e.g. those used for speed controlled drives, will only conduct a short-circuit current when the motor is re-generating. The value of the short-circuit current contributed will depend on the motor speed (and hence volts) and the frequency and magnitude of the current will decrease as the drive slows down.

A speed controlled motor (e.g. a propulsion drive) supplied from a forward and reverse converter bridge, will only contribute to a primary system three-phase short circuit when the drive is re-generating and its reverse converter bridge is "on". If the drive is in a powering mode, and a primary system short-circuit occurs, the motor will contribute short-circuit current to the system but this will stop as soon as the forward bridge turns off at the first current zero. The reverse bridge will not be on and will block any further current produced by the motor as it decelerates to standstill. The motor therefore will only contribute to the peak short-circuit current.

8.7 Calculation procedures

8.7.1 General

It is difficult to establish a standard calculation for all system short-circuit currents. Each system shall be considered on its own merits and the relevant simplifications, assumptions and calculations chosen accordingly. Formulae used for one system may not necessarily apply to another.

It is however important to establish a standard procedure to ensure that all system aspects have been considered. It remains the responsibility of the systems design engineer, using the guidelines of this standard, to determine the relevant importance of the calculation and to make engineering judgements as to which approximations may be applied.

8.7.2 Short-circuit study procedure

The short-circuit study procedure shall include the following steps:

- a) system and problem definition and preparation of a system study diagram;
- b) component characteristic parameter identification;
- c) preparation of a common base system impedance diagram;
- d) quick non-time-dependent calculation to establish approximate fault levels at specific points;
- e) estimation of suitable approximations that can be made to simplify the calculating procedures within the required calculation accuracy;
- f) calculation of the time-dependent short-circuit currents at the major points on the system;
- g) a short-circuit current summary and study conclusions.

8.7.3 Definition of the system and problem and preparation of a system study diagram

A basic system single-line diagram shall be made which identifies all major components.

The purpose of the calculation, the extent and acceptable accuracy shall be stated. Any applicable assumptions shall be recorded. The operating conditions under which the calculations are to be made shall be detailed and the number of generators on line and estimated generator and motor loads shall be noted.

A summary of the applicable formulae should be given, detailing any special conditions affecting a specific component's short-circuit current contributions.

A brief statement shall be made outlining the applicability of the results.

8.7.4 Component characteristic parameter identification

For each component on the single-line diagram, all relevant characteristic parameters should be recorded. Statements should be made identifying which data is actual and which is assumed.

8.7.5 System impedance diagram

The system impedance diagram should be constructed by interconnecting the impedance as determined by the system single-line diagram. If each component is represented by its impedance calculated to a common base, the impedance diagram will give an immediate indication of the relevant importance of the various components contributing to the short circuit at any point, and hence an indication of the likely approximations that may be made.

NOTE – For generators it is generally sufficient to use the subtransient impedance only, as the purpose of the diagram is to illustrate the system configuration.

8.7.6 Approximate calculation

Using formulae from 6.2.5, approximate, non-time-dependent calculations should be done at each major distribution panel. Clause 6.3 should be used to estimate motor short-circuit current.

NOTE 1 – To calculate the peak short-circuit current, assume maximum asymmetry. For generators, use the subtransient impedance. For transformers assume they are connected to an infinite busbar.

The calculation results shall be tabulated and used to check the time-dependent calculations.

NOTE 2 – For some applications, no further calculations need be done. For example, if the purpose of the calculation is to check switchgear ratings, and the switchgear ratings exceed the short-circuit currents calculated by this method.

8.7.7 Estimate of suitable approximations

The formulae of 5.1.1.5 shall be used to establish the time-dependent short-circuit current decrement for the system's generators and to establish a basis from which other approximations may be judged e.g.:

- a) calculations to ascertain the effect of the generator cables on the results;

NOTE – A time-dependent calculation can be done for one generator with and without its cable and the results compared. A judgement can then be made to include or ignore cables in the calculations.

- b) calculations to determine the voltage drop on the primary bus, as a result of a short-circuit current on the secondary of an interconnecting transformer.

NOTE – The results of these calculations will provide judgement criteria to determine if the generator impedance shall be included when calculating the short-circuit current on the transformer secondary system.

8.7.8 System calculation

Using the results of the time-dependent calculations, and applying the assumptions allowed, the short-circuit current at each relevant point on the system shall be evaluated.

Short-circuit current calculations shall be done for the most severe operating conditions, i.e. those producing the highest values of short-circuit current. In addition, the theoretically most severe conditions, with all active components producing their maximum short-circuit current, shall be identified and calculations made to ascertain if protection facilities shall be included in the system design to prevent such theoretically most severe conditions occurring.

8.7.9 Calculation summary

A complete summary should be provided for the results. Statements should be made on the suitability of the protective devices provided for the installation.

9 Interpretation and application of the results

9.1 General

The main purpose of a short-circuit current study is to:

- a) obtain the short-circuit current values at specific points in a system network;
- b) ascertain that the system's components have adequate short-circuit current capacity;
- c) enable circuit protection equipment to be chosen with confidence.

Having calculated the short-circuit current, cognizance shall be given to the specific conditions and standards used to test protection equipment and to consider these conditions when applying the results of the short-circuit current calculation.

Furthermore, it should be noted that electrical systems on board ships and offshore installations, are generally characterized by having large generating capacities, confined in a small area. Accordingly, the short-circuit current which may occur is relatively high in value having a low power factor.

9.2 Systems up to 1 kV

Protective devices used on systems up to 1 kV to protect against short-circuit currents generally comprise fuses and circuit-breakers.

When selecting circuit-breakers for use on systems up to 1 kV, the following circuit-breaker short-circuit ratings and test conditions should be obtained:

- rated short-circuit making capacity;
- rated short-circuit breaking capacity;
- contact separation time;
- rated operational voltage;
- power factor.

a) Rated short-circuit making capacity

For all types of circuit-breakers, the rated short-circuit making capacity shall not be less than the calculated peak short-circuit current i_p at the point of installation on the system.

The circuit-breaker's rated short-circuit making capacity shall be its guaranteed value at a rated operational voltage no less than the nominal system voltage at its point of installation on the system.

b) Rated short-circuit breaking capacity

The circuit-breaker's rated short-circuit breaking capacity shall not be less than the calculated prospective short-circuit breaking current. This value shall be obtained by calculating the a.c. component of the short-circuit current $I_{ac}(t)$ at its point of installation on the system at the time at which the circuit breaker's contacts separate.

For circuit-breakers for which contact separation can occur in less than 1/2 cycle the circuit-breaker manufacturer should be consulted with regard to rating.

The circuit breaker's rated short-circuit breaking capacity shall be guaranteed at a voltage no less than the nominal system voltage at its point of installation on the system, and at a power factor not greater than the calculated power factor of the prospective short-circuit breaking current.

c) Power factor

Circuit-breakers are normally tested with a constant circuit power-factor. Because of the non-linear and time-dependent nature of the active component impedance during a short circuit, the power-factor under short-circuit conditions changes constantly. Consequently marine and offshore a.c. electrical installations do not have a constant power-factor and accordingly the power-factor shall be calculated at a particular point in time.

Due to the small distances between generators and the consumers on marine and offshore installations, cables generally have large cross-sectional areas and short lengths, resulting in the power-factor under short-circuit conditions being less than those used for circuit-breaker tests.

If the power-factor under short-circuit conditions is less than the circuit-breaker tested power-factor, the circuit-breaker rated short-circuit capacity may be insufficient, even though its rated short-circuit breaking capacity may be higher than the prospective short-circuit breaking current.

NOTE 1 – The circuit-breaker rated short-circuit making capacity may be less than the calculated peak current (i_p) and accordingly the circuit-breaker would be unsuitable.

NOTE 2 – Generally circuit-breakers, tested at power-factors of 0,2 and below, are adequate for use on circuits having fault power-factors in the range 0,05 to 0,20. But if the circuit-breaker has been tested at a higher power-factor, (e.g. 0,2 to 0,5), the breaking capacity can be affected because of the change in recovery voltage and the manufacturer should be consulted.

d) Summary

After being tested, circuit-breakers are assigned the following rating values:

- rated short-circuit making capacity;
- rated short-circuit breaking capacity;
- rated operational voltage;
- power factor;
- contact separation time.

When installed on a system, the circuit-breaker rated short-circuit making capacity shall not be less than i_p , the calculated peak value of short-circuit current. The circuit-breaker rated short-circuit breaking capacity shall not be less than $I_{ac}(t)$ calculated at the circuit-breaker's contact separation time. The rated operational voltage shall not be less than the circuit nominal voltage at its point of installation on the system. The power factor shall not be greater than the power factor of the calculated prospective short-circuit current.

Where there are small differences between the calculated short-circuit current conditions and the assigned circuit-breaker short-circuit ratings, the circuit-breaker manufacturer should be consulted prior to using the circuit-breaker. If it is agreed that the short-circuit ratings can be changed, the manufacture shall be asked for evidence of suitability. Such evidence should preferably be additional test data.

9.3 Systems above 1 kV

When selecting circuit-breakers for use on systems above 1 kV, the following circuit-breaker short-circuit ratings and test conditions should be obtained:

- rated short-circuit making capacity;
- rated short-circuit breaking capacity;
- maximum acceptable value of d.c. component;
- circuit-breaker opening time;
- protection relay operating time;
- rated operational voltage.

a) Rated short-circuit making capacity

The circuit-breaker rated short-circuit making capacity shall not be less than the calculated peak short-circuit current i_p at the point of its installation on the system, and shall be guaranteed at a voltage no less than the circuit nominal voltage at the circuit-breaker's point of installation on the system.

b) Rated short-circuit breaking capacity

The circuit-breaker rated short-circuit breaking capacity shall not be less than the calculated prospective short-circuit breaking current. This is obtained by calculating the a.c. component of the short-circuit current, $I_{ac}(t)$ at the point in time when the circuit-breaker contacts start to open. This time shall be the sum of the circuit-breaker opening time and the protection relay operating time, and may be of the order of 70 ms to 80 ms.

The rated short-circuit breaking capacity shall be guaranteed at a voltage not less than the circuit nominal voltage at the circuit-breaker's point of installation on the system.

c) Maximum acceptable value of d.c. component

The maximum acceptable value of d.c. component at the circuit-breaker opening time shall be obtained from the manufacturer, and shall not be less than the calculated value of the d.c. component of the short-circuit current $i_{dc}(t)$ calculated at the circuit-breaker opening time.

The maximum acceptable value of d.c. component value is usually expressed as a percentage of the peak value of the short-circuit current seen by the circuit-breaker on test, at the opening time.

For marine and offshore electrical installations, the d.c. component is generally higher than on other types of networks. If the calculated value of the d.c. component exceeds that of the circuit-breaker, the manufacturer should generally be consulted.

d) Power-factor

For systems above 1 kV, circuit-breakers are tested at power-factors of 0,15 and accordingly such circuit-breakers are generally acceptable for use on marine and offshore a.c. electrical installations.

e) Summary

For installations having nominal voltages above 1 kV the short-circuit current should be evaluated at least over a 5-cycle period and $I_{ac}(t)$ and $i_{dc}(t)$ obtained. The peak value should be calculated.

Using the peak value and a.c. component as a guide, suitable circuit-breakers should be investigated and their opening time and maximum acceptable value of d.c. component obtained.

These values should then be compared with the calculated short-circuit current values and suitable circuit-breakers chosen.

**BS IEC
61363-1:1998**

BSI
389 Chiswick High Road
London
W4 4AL

BSI — British Standards Institution

BSI is the independent national body responsible for preparing British Standards. It presents the UK view on standards in Europe and at the international level. It is incorporated by Royal Charter.

Revisions

British Standards are updated by amendment or revision. Users of British Standards should make sure that they possess the latest amendments or editions.

It is the constant aim of BSI to improve the quality of our products and services. We would be grateful if anyone finding an inaccuracy or ambiguity while using this British Standard would inform the Secretary of the technical committee responsible, the identity of which can be found on the inside front cover.
Tel: +44 (0)20 8996 9000. Fax: +44 (0)20 8996 7400.

BSI offers members an individual updating service called PLUS which ensures that subscribers automatically receive the latest editions of standards.

Buying standards

Orders for all BSI, international and foreign standards publications should be addressed to Customer Services. Tel: +44 (0)20 8996 9001.
Fax: +44 (0)20 8996 7001. Email: orders@bsi-global.com. Standards are also available from the BSI website at <http://www.bsi-global.com>.

In response to orders for international standards, it is BSI policy to supply the BSI implementation of those that have been published as British Standards, unless otherwise requested.

Information on standards

BSI provides a wide range of information on national, European and international standards through its Library and its Technical Help to Exporters Service. Various BSI electronic information services are also available which give details on all its products and services. Contact the Information Centre.
Tel: +44 (0)20 8996 7111. Fax: +44 (0)20 8996 7048. Email: info@bsi-global.com.

Subscribing members of BSI are kept up to date with standards developments and receive substantial discounts on the purchase price of standards. For details of these and other benefits contact Membership Administration.
Tel: +44 (0)20 8996 7002. Fax: +44 (0)20 8996 7001.
Email: membership@bsi-global.com.

Information regarding online access to British Standards via British Standards Online can be found at <http://www.bsi-global.com/bsonline>.

Further information about BSI is available on the BSI website at <http://www.bsi-global.com>.

Copyright

Copyright subsists in all BSI publications. BSI also holds the copyright, in the UK, of the publications of the international standardization bodies. Except as permitted under the Copyright, Designs and Patents Act 1988 no extract may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means – electronic, photocopying, recording or otherwise – without prior written permission from BSI.

This does not preclude the free use, in the course of implementing the standard, of necessary details such as symbols, and size, type or grade designations. If these details are to be used for any other purpose than implementation then the prior written permission of BSI must be obtained.

Details and advice can be obtained from the Copyright & Licensing Manager.
Tel: +44 (0)20 8996 7070. Fax: +44 (0)20 8996 7553.
Email: copyright@bsi-global.com.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Bahar YILDIZ

Doğum Yeri ve Tarihi: İZMİT, 01.05.1982

Adres:

E-Posta: baharkucukates@hotmail.com

Lisans: Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği (2000-2005)

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

Betesan Müh. Gemi Elektrik İnşaat İç ve Dış Ticaret (Temmuz 2005 - Ekim 2007)

İstanbul Tersanesi Komutanlığı (Kasım 2007 – Devam ediyor)