

## 7. 電気系統

### 7.1. 概要

#### 7.1.1. 現状及び中期的見通し

福島第一原子力発電所1～4号機の送電線は、275kV送電線1回線（大熊線2号線）及び66kV送電線4回線（大熊線3号線，東北電力（株）東電原子力線，夜の森線1号線，2号線）で構成される。

通常状態での所内電力は、275kV大熊線2号線の受電設備，並びに66kV大熊線3号線の受電設備を通じて供給する。また、66kV東北電力（株）東電原子力線，夜の森線1号線或いは2号線を予備電源として使用することができる。

所内高圧母線は、275kV大熊線2号線から受電する3母線（仮設1/2号M/C(B)，仮設1/2号M/C(A)，予備変M/C)，66kV大熊線3号線から受電する6母線（所内共通M/C(2A)，仮設3/4号M/C(A)，仮設3/4号M/C(B)，プロセス建屋常用M/C，プロセス建屋後備M/C，蒸発濃縮処理設備M/C）で構成される。

また、5号機の所内高圧母線（M/C 5B）との連系を可能な構成としており、5/6号機の外部電源の66kV送電線（夜の森線1号線，2号線）を予備電源として使用できる。

外部電源が喪失した場合には、5号機或いは6号機の非常用ディーゼル発電機からも電力供給が可能である。非常用ディーゼル発電機は5号機及び6号機で各々2台が確保されており、計4台のいずれも使用可能である。

全ての外部電源及び非常用ディーゼル発電機が喪失した場合には、所内に常設している電源車から電力供給が可能な構成となっている。

この電気系統設備により、現状の所内負荷が必要とする電源を確保できる。

#### 7.1.2. 基本的対応方針及び中期的計画

今後、応急的に設置した仮設機器にて構成している受電設備の信頼性向上対策として66kV開閉設備の新設，所内高圧母線の新設等による構成変更，所内高圧母線の連系線の新設等を実施することによるケーブル及び電線路の信頼性向上対策，既設の非常用ディーゼル発電機（2台）の復旧及び監視機能の強化対策を実施する予定である。

### 7.2. 設計方針

次の基本方針に基づいて設計する。

#### 7.2.1. 地震後に設置した設備及び今後設置する設備の設計方針

地震後に既に設置した設備及び今後設置する設備の設計方針は次のとおりとする。

##### (1) 電源の確保

a. 既設設備のうち今後の発電所運営に必要な機器及び地震後に新たに放射性物質の放

出を管理し、放射線量の大幅な抑制を確保するために設置した機器への電源を確保する。

- b. 所内負荷は、外部電源、或いは非常用ディーゼル発電機（又は電源車）から電力供給を受けられる設計とする。

## (2) 外部電源系

外部電源系は、2ルート以上の送電線により電力系統に接続できる設計とする。

## (3) 所内電源系

所内電源系は、供給する所内負荷の重要度等に応じて、実現可能な範囲で多重性又は多様性を備え、かつ、相互に分離独立した設計とする。

## (4) 試験可能性

所内電源系は、系統の重要な部分の適切な定期的試験及び検査を行うことができる設計とする。

## (5) 火災防護

所内ケーブル、電源盤等の材料は、実現可能な範囲で不燃性又は難燃性のものを使用する設計とする。

### 7.2.2. 既設設備の確認方針

既設設備については、事前に健全性確認を実施し、機器が健全であることを確認した上で使用する。

## 7.3. 主要設備

### 7.3.1. 主要設備構成

#### (1) 送電線

所内電力は、275kV送電線1回線（大熊線2号線）及び66kV送電線1回線（大熊線3号線）で、当社の電力系統から送電される。

これら送電線は、1回線停止時においても現在の設備が運転するための必要電力を送電し得る容量を有する。将来においても、新たに設置する設備に係る必要電力について評価し、それを送電できる容量が確保できるようにする。

まれではあるが上述の送電線が全て停止するような場合、5/6号機の外部電源（夜の森線1号線、2号線）、非常用ディーゼル発電機、又は東北電力（株）東電原子力線から受電する。

送電系統一覧図を図7-1に示す。

## (2) 開閉設備

### (2-1) 現状

275kV 開閉設備は、275kV 送電線（大熊線 2 号線）と受電用変圧器を連系する遮断器等で構成される。

66kV 開閉設備は、66kV 送電線（大熊線 3 号線）と受電用変圧器を連系する遮断器等で構成される。

また既設設備である予備変電所は、66kV 送電線（東北電力（株）東電原子力線）と受電用変圧器を連系する遮断器等で構成される。

開閉設備単線結線図を図 7-2 に示す。

### (2-2) 今後の予定

更なる信頼性の向上を目的に、移動用開閉器車他の仮設機器にて構成している開閉設備については、当社原子力発電所の開閉所において採用している開閉設備と同等仕様の新設機器ならびに構成へ変更していく予定である。

## (3) 変圧器

### (3-1) 現状

変圧器は、次の構成である。

275kV 受電用変圧器……送電線電圧（275kV）を 66kV に降圧する。

66kV 受電用変圧器……上記 275kV 受電用変圧器二次側電圧（66kV）及び送電線電圧（66kV）を所内高圧母線電圧（6.9kV）に降圧する。

### (3-2) 今後の予定

更なる信頼性向上を目的に、仮設の移動用変圧器車を使用している受電用変圧器については、当社原子力発電所において採用している変圧器と同等仕様の新設機器へ変更していく予定である。

## (4) 所内高圧母線

### (4-1) 現状

所内高圧母線はメタルクラッド開閉装置等で構成される。

所内高圧母線には、通常時に必要な負荷を振り分けて接続している。

これら所内高圧母線は、一部を除き、接続される送電線或いは開閉設備等の設備に故障等があっても、当該母線に連系される所内高圧母線から電力供給する構成へ停電切替（手動）を実施することで、受電可能な構成となっている。

各所内高圧母線に接続される主な所内負荷を表 7-1 に示す。また、現状の所内単線結線図を図 7-3 に示す。

### (4-2) 今後の予定

更なる信頼性向上を目的に、既に設置済みの所内共通 M/C(2A)に加えて、所内高圧母線 3 面（所内共通 M/C(1A)、所内共通 M/C(1B)、所内共通 M/C(2B)）を新設する。

以降、接続される所内負荷の重要度等を考慮し、単一の所内母線の故障があっても、所内負荷の全機能が喪失しないよう、異系統の所内高圧母線 2 母線に所内負荷を分割接続、或いは双方から受電することで所内負荷への電力供給の安定を図ることが可能な構成へ変更する予定である。

また、輸送用車両に搭載された状態で設置された仮設のメタルクラッド開閉装置については、継続的に使用する場合には当該設備を輸送用車両から床面へ移設する等の対応を計画していく。

今後の変更を計画している所内高圧母線の単線結線図を図 7-4、図 7-5 に示す。

## (5) ケーブル及び電線路

### (5-1) 現状

送電線、開閉設備、変圧器、所内高圧母線、所内負荷は、設備の容量に応じたケーブルで接続している。電線路は既設電線路を活用するとともにケーブル布設経路に応じて新たに設置している。

### (5-2) 今後の予定

所内電気設備の変更に合わせて新規ケーブルの布設、連系線の強化を行うものとする。

ケーブル、ケーブルトレイ及び電線管材料には、火災防護のため不燃性又は難燃性のものを使用していく。

## (6) 非常用ディーゼル発電機

### (6-1) 現状

非常用ディーゼル発電機は、外部電源が喪失した場合に、所内負荷の運転継続や停止の対応に必要となる電力を供給する。

5 号機或いは 6 号機の既設の非常用ディーゼル発電機 (5A : 8,125kVA, 5B : 8,125kVA, 6A : 6,875kVA, 6B : 6,875kVA) が使用可能な状態である。非常用ディーゼル発電機は所内高圧母線に運転員の手動操作にて接続し、所内高圧母線から所内負荷への電力供給についても運転員の手動操作にて順次行うことにしている。

免震重要棟については、既設のガスタービン発電機 (1,000kVA) が使用できる。

### (6-2) 今後の予定

既設の非常用ディーゼル発電機 2 台 4B (8,250kVA)、2B (8,250kVA) について、順次復旧していく予定である。

## (7) 直流電源設備

3号機の原子炉格納容器内雰囲気の監視機能の一部（原子炉水位のみ）に電力を供給できる直流電源設備として、既設の125V所内用2系列（充電器2台、蓄電池2組（1,200AH, 800AH）等）が使用できる。

## (8) 電源車

### (8-1) 現状

外部電源及び非常用ディーゼル発電機による所内電力の確保が困難な場合に、最低限必要な重要負荷（原子炉圧力容器・格納容器注水設備及び重要な監視設備等）に供給が行える電源車を所内に常時2台（750kVA, 500kVA）配備し、電源の多様化を図っている。

### (8-2) 今後の予定

現状の電源車の接続先の所内高圧母線は、輸送用車両に搭載された仮設のメタルクラッド開閉装置（仮設1/2号M/C(B), 仮設3/4号M/C(A)）となっており、耐震性や津波対策として十分とは言えないことから、今後予定している所内高圧母線の信頼性向上対策としてOP.20,000以上の高台エリア或いは建屋内フロア面の床面に設置する所内高圧母線へ接続先を変更する予定である。

## 7.3.2. 耐震性

### (1) 基本方針

外部電源からの受変電設備については、耐震設計審査指針上のCクラス設備と位置づけられており、既設設備についてはCクラス設備として設計している。

地震後既に設置されている設備は次の基本方針に基く設計である。今後設置する設備についても次の設計方針に基づく設計とする。

- a. 外部電源からの所内受電設備は、耐震設計審査指針上のCクラス設備相当として設計する。
- b. 支持部材がない等の理由によって、耐震性に関する評価ができない設備については、フレキシビリティを有する材料を使用するなどし、耐震性を確保する。
- c. 地震により複数の所内電源設備が使用不能となる場合に備え、電源の多様性を確保する。

### (2) 主要設備の耐震構造

仮設で設置した移動用の受変電機器や輸送用車両に搭載されたメタルクラッド開閉装置は、いずれもフレキシビリティを有したものとなっている。これら車両搭載の機器については、車両にフレームをボルトや溶接により固定される構造であり、車両上での転倒防止策を講じている。

新設した、或いは今後設置するメタルクラッド開閉装置等については、床面に後打ち

アンカにより固定し耐震性を確保することとしている。

ケーブル及び電線路についてはフレキシビリティを持たせた構造となっており、許容された曲げ半径を満足するように配置されていると共に、ケーブル本体は可とう管路材に収納することで損傷防止策を講じている。

### (3) 地震時の機能維持方策

震度 5 弱以上の地震が発生した場合には、免震棟での監視装置により状態を確認するとともに、巡視点検を行い、地震による設備の損傷がないことを確認する。

地震発生後の巡視点検等により設備の損傷等の異変について把握し、その状況に応じて、所内高圧母線の連系、電源車の接続などの必要な措置を講ずる。

## 7.3.3. 津波対策

### (1) 開閉設備、変圧器

大熊線 2 号線から受電する開閉設備や変圧器は、OP.30,000 以上の高台に設置しており、津波による影響がないと想定される。

大熊線 3 号線から受電する開閉設備や変圧器は、OP.10,000 のエリアに設置しており、津波による水没、浸水或いは被水等の影響を受ける可能性があるが、仮設防潮堤を設置したことで余震により想定される津波については対策を実施している。当該の開閉設備や変圧器が津波により機能に支障が生じた場合、電源車により重要負荷（原子炉圧力容器・格納容器注水設備及び重要な監視設備等）への電源供給ができるよう対策する。

今後これに代わり新設する予定の開閉設備、変圧器については、津波による影響がないと想定される OP.30,000 以上の高台へ設置する予定である。

### (2) 所内高圧母線

所内高圧母線のうち仮設 1/2 号 M/C(B)、仮設 1/2 号 M/C(A)、予備変 M/C、所内共通 M/C(2A)、蒸発濃縮処理設備 M/C、プロセス建屋常用 M/C、プロセス建屋後備 M/C は、OP.20,000 以上の高台エリアや建屋内フロア面に設置しており、津波による影響がないと想定される。

OP.10,000 のエリアに設置している仮設 3/4 号 M/C(A)、仮設 3/4 号 M/C(B)については、津波による水没、浸水或いは被水等の影響を受ける可能性があるが、仮設防潮堤を設置したことで余震により想定される津波については対策を実施している。当該の所内高圧母線が津波により機能に支障が生じた場合、電源車により重要負荷（原子炉圧力容器・格納容器注水設備及び重要な監視設備等）への電源供給ができるよう対策する。

今後新設する予定となっている所内高圧母線については、津波による影響がないと想定される高台（OP.30,000）へ設置する予定である。

### (3) 非常用ディーゼル発電機

東北地方太平洋沖地震にて津波による被害のなかった非常用ディーゼル発電機(6B)を除く既設の非常用ディーゼル発電機については、津波による水没、浸水或いは被水等の影響を受ける可能性がある。

今後復旧を計画している既設の非常用ディーゼル発電機(2B)及び(4B)については、OP.10,000の建物内に配置されており、非常用ディーゼル発電機本体は1階フロア、電源盤他は地下階フロアに設置されているため、津波による水没、浸水或いは被水等の影響を受ける可能性がある。このため、余震により想定される津波の対策としての仮設防潮堤を設置に加えて、建屋の防水性向上対策等を行い、津波の影響を受けないように復旧を図る予定である。

東北地方太平洋沖地震では1階フロアの非常用ディーゼル発電機本体には浸水等の影響はなく、地下階フロアの電源盤等には浸水等による被害があったことから、先行で復旧を計画している非常用ディーゼル発電機(4B)の復旧に合わせ、まずは地下階の防水性向上対策を実施する。その後順次建屋全体の防水向上対策を実施していく予定である。

### (4) 津波時の機能維持方策

津波による設備の水没、浸水或いは被水等による異変については、津波後の巡視点検等により把握し、その状況に応じて所内高圧母線の連系、電源車の接続などの必要な措置を講ずる。

## 7.3.4. 電気系統の監視

### (1) 現状の監視方法

電気系統のうち外部電源の状態を監視するため、送電線電圧の監視装置を設置し、監視場所である免震重要棟内の表示器で監視可能としている。

さらに所内高圧母線で故障が発生した時に、現場盤で発報した警報を、免震重要棟内で確認できるように、現場盤を表示するモニタを設置している。

### (2) 今後の予定

所内高圧母線の状態（母線電圧）について、免震重要棟内で監視できる設備を導入する予定である。

また、所内高圧母線の故障に関しても、警報発生時に免震重要棟において、警報発生した母線や事象を把握できる仕様に変更する予定である。

## 7.4. 主要仕様

電気系統の変圧器の主要仕様を表 7-2 に、非常用ディーゼル発電機の主要仕様を表 7-3 に、そして電源車の主要仕様を表 7-4 に示す。

また、電気系統設備の今後の変更予定を表 7-5 に示す。

## 7.5. 運用

### 7.5.1. 運用での対応

#### (1) 要求事項に対する代替措置

火災防護，多重性，独立性について，一部の設備で設計方針に対し十分な状況でないものがある。それら設備の健全性については定期的な巡視点検等により機器の状態を適宜把握する。故障が確認された場合には，迅速に復旧措置を実施する。

全交流電源喪失時において，原子炉圧力容器・格納容器注水設備及び重要な監視設備等への電源車からの電源供給を確実にするため，電源車により電源供給を行う手順を策定し，電源車から電源盤までの間に必要な接続ケーブル等を配備した。また，対策要員に対しては，電源車の運転やケーブル接続等の訓練を継続的に実施する。

#### (2) 保守管理

機器の経年劣化を考慮し，予め想定される消耗品については定期的な取替を実施する等の保守管理を実施する。

### 7.5.2. 異常時の措置

#### (1) 事故時母線切替

常時は 275kV 1 回線（大熊線 2 号線），66kV 1 回線（大熊線 3 号線）から所内電力を供給するが，いずれか一方の回線の停電時には他方の回線で現状の所内電力を供給できる。

275kV 1 回線（大熊線 2 号線），66kV 1 回線（大熊線 3 号線）のいずれも停電している場合には，5 号機の高圧母線（M/C 5B）と連系し，66kV 2 回線（夜の森線 1 号線，2 号線）から所内電力を供給できる。

新福島変電所からの全ての回線が停止している場合には，東北電力（株）東電原子力線 66kV 1 回線から供給できる。

これら全ての外部電源が停電している場合には，所内の非常用ディーゼル発電機 4 台（(5A)，(5B)，(6A)，(6B)）及び電源車 2 台（750kVA，500kVA）から必要な設備の電力を供給する。

これらの切替における 6.9kV 所内高圧母線の連系については，通常受電している遮断器を遮断してから連系用遮断器を投入する操作を手動にて実施する。

#### (2) 機器の単一故障

送電系統の機能が喪失した場合を想定し，送電線の多重化を実施しており，機能喪失から速やかに電力供給を再開できると想定している。

一方，変圧器，所内母線等の故障等により機能喪失した場合には，所内電源機器の損

傷状況や現場状況に加えて負荷の損傷状況等を把握し、電源切り替えや非常用ディーゼル発電機からの受電や電源車の配備を行い、電力供給を再開する。

(3) 複数の設備が同時に機能喪失した場合

電気系統は、機器の故障等による機能喪失を防止するよう配慮した構成としているが、複数の設備の機能が同時に喪失した場合は、送電線、変圧器、所内母線等の損傷状況や現場状況に加えて負荷の損傷状況等を把握し、電源切り替えや非常用ディーゼル発電機からの受電や電源車の配備を行い、電力供給を再開する。

電気系統の電力供給の停止における負荷側の対応については、各設備の異常時の措置にて個別に対策を記している。

表 7-1 主な所内負荷一覧

外部電源	所内高圧母線	接続されている主な負荷		
大熊線 2 号線	仮設 1/2 号 M/C(B)	1.原子炉注水系		常用高台炉注水ポンプ (1号機, 2号機, 3号機)
		1. 〃		タービン建屋内炉注水ポンプ (2号機)
		1. 〃		純水タンク脇炉注水ポンプ (1号機, 2号機, 3号機)
		3.使用済燃料プール等		使用済燃料プール冷却設備 (1号機, 2号機)
		2.原子炉格納容器窒素封入設備		窒素ガス分離装置 A, B
		原子炉格納容器		原子炉格納容器雰囲気監視設備 (1号機, 2号機)
	仮設 1/2 号 M/C(A)	1.原子炉注水系		タービン建屋内炉注水ポンプ (1号機)
		5.高レベル放射性汚染水処理設備, 貯留設備, 廃スラッジ貯蔵施設, 使用済ベッセル保管施設及び関連施設		滞留水移送装置
	予備変 M/C	-		-
大熊線 3 号線	所内共通 M/C(2A)	5.高レベル放射性汚染水処理設備, 貯留設備, 廃スラッジ貯蔵施設, 使用済ベッセル保管施設及び関連施設		淡水化装置 (逆浸透膜装置)
	仮設 3/4 号 M/C(A)	1.原子炉注水系		タービン建屋内炉注水ポンプ (3号機)
		1. 〃		CST 炉注水ポンプ (1号機, 2号機, 3号機)
		使用済燃料共用プール		使用済燃料共用プール冷却設備
		3.使用済燃料プール等		使用済燃料プール冷却設備 (3号機, 4号機)
		原子炉格納容器		原子炉格納容器雰囲気監視設備 (3号機, 4号機)
		直流電源設備	原子炉格納容器	原子炉格納容器雰囲気監視設備 (3号機)
	仮設 3/4 号 M/C(B)			
	プロセス建屋常用 M/C	5.高レベル放射性汚染水処理設備, 貯留設備, 廃スラッジ貯蔵施設, 使用済ベッセル保管施設及び関連施設		除染装置
	プロセス建屋後備 M/C	5. 〃		処理装置, セシウム吸着装置, 第二セシウム吸着装置
蒸発濃縮処理設備 M/C	5. 〃		淡水化装置 (蒸発濃縮缶装置)	
夜の森線 1,2 号線		監視室・制御室		免震重要棟

表 7-2 変圧器主要仕様

(1) 275kV 受電用変圧器 (大熊線 2 号線)

(1-1)275kV/66kV

台数	1
容量	90,000kVA
電圧	約 275kV/66kV
相数	3
周波数	50Hz

(1-2)66kV/6.9kV : (仮設機器)

台数	1
容量	10,000kVA
電圧	約 66kV/6.9kV
相数	3
周波数	50Hz

(2) 66kV 受電用変圧器 (大熊線 3 号線) : (仮設機器)

台数	2
容量	10,000kVA (1 台あたり)
電圧	約 66kV/6.9kV
相数	3
周波数	50Hz

(3) 66kV 受電用変圧器 (東北電力 (株) 東電原子力線)

台数	1
容量	4,500kVA
電圧	約 66kV/6.9kV
相数	3
周波数	50Hz

(3) 起動変圧器 (夜の森線 1 号線, 2 号線)

台数	2
容量	55,000kVA (1 台あたり)
電圧	約 66kV/6.9kV
相数	3
周波数	50Hz

表 7-3 非常用ディーゼル発電機主要仕様

(1) 非常用ディーゼル発電機 5A

台 数	1
容 量	8,125kVA
電 圧	6.9kV
力 率	0.8
周波数	50Hz
補機冷却系（冷却方式）	水冷却

(2) 非常用ディーゼル発電機 5B

台 数	1
容 量	8,125kVA
電 圧	6.9kV
力 率	0.8
周波数	50Hz
補機冷却系（冷却方式）	水冷却

(3) 非常用ディーゼル発電機 6A

台 数	1
容 量	6,875kVA
電 圧	6.9kV
力 率	0.8
周波数	50Hz
補機冷却系（冷却方式）	水冷却

(4) 非常用ディーゼル発電機 6B

台 数	1
容 量	6,875kVA
電 圧	6.9kV
力 率	0.8
周波数	50Hz
補機冷却系（冷却方式）	空気冷却

(5) 免震重要棟ガスタービン発電機

台数	1
容量	1,000kVA
電圧	6.9kV
力率	0.8
周波数	50Hz

(6) 非常用ディーゼル発電機 2B

台数	1
容量	8,250kVA
電圧	6.9kV
力率	0.8
周波数	50Hz
補機冷却系（冷却方式）	空気冷却

(7) 非常用ディーゼル発電機 4B

台数	1
容量	8,250kVA
電圧	6.9kV
力率	0.8
周波数	50Hz
補機冷却系（冷却方式）	空気冷却

表 7-4 電源車主要仕様

(1) 大熊線 2 号線側所内電源用電源車

台 数	1
容 量	750kVA
電 圧	6.6kV, 3.3kV
相 数	3
周波数	50Hz

(2) 大熊線 3 号線側所内電源用電源車

台 数	1
容 量	500kVA
電 圧	6.6kV
相 数	3
周波数	50Hz

表 7-5 電気系統設備の今後の予定（平成 23 年 10 月時点）

		平成 23 年度						平成 24 年度				備考
		10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	第一 四半期	第二 四半期	第三 四半期	第四 四半期	
開閉設備，変圧器の信頼性向上対策		-----										
所内高圧母線の構成変更， ケーブル，電線路の信頼性 向上対策	所内共通 M/C 設置	-----										
	仮設のメタルクラッド開 閉装置の移設等及び構成 変更							-----				
非常用ディーゼル発電機 の復旧	非常用ディーゼル発電機 (4B)	-----										
	非常用ディーゼル発電機 (2B)	-----										
	建屋防水性向上対策	----- 応急対策 -----						----- 恒久対策 -----				
電気系統の監視の機能強化		-----										

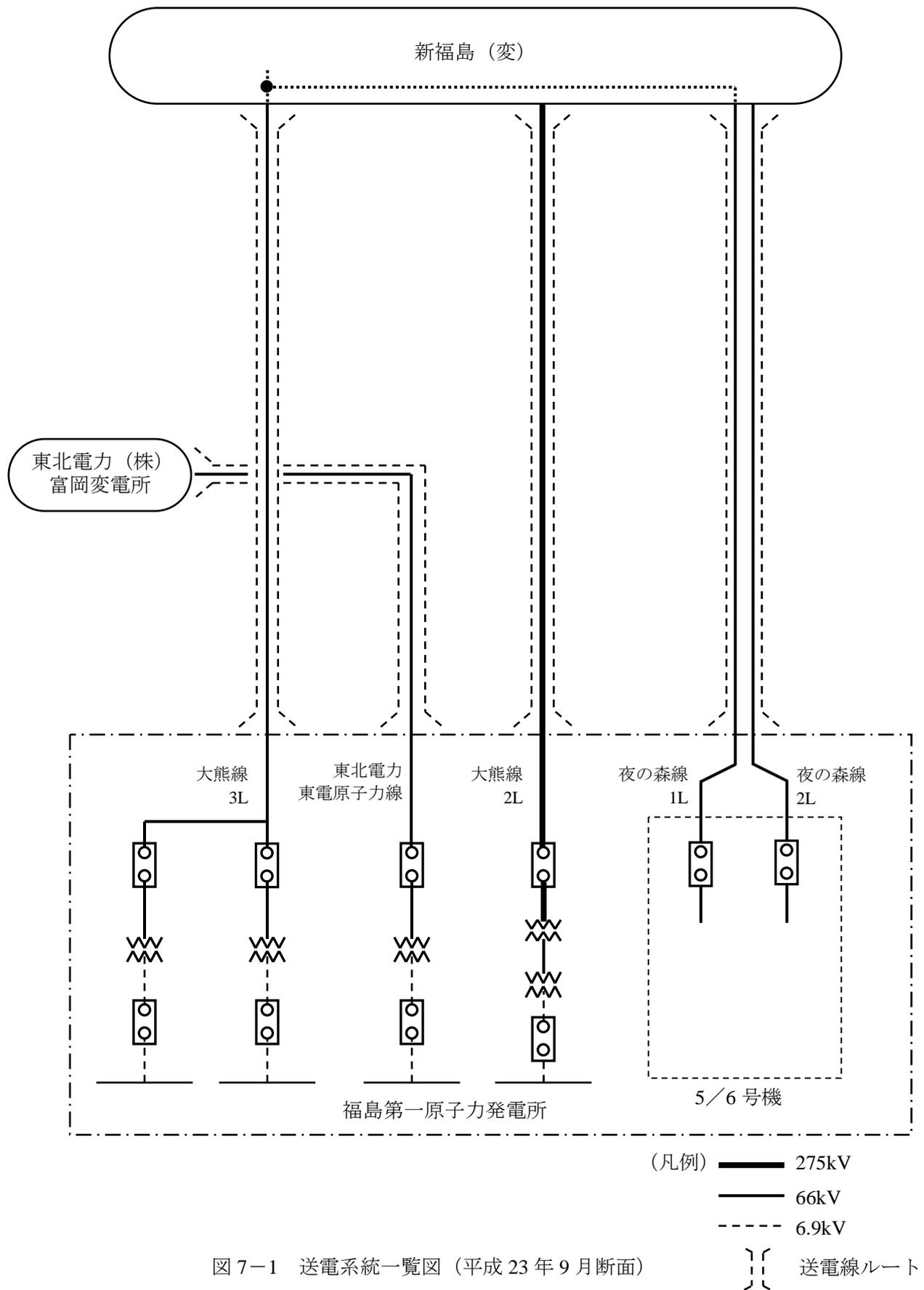


図 7-1 送電系統一覽図 (平成 23 年 9 月断面)

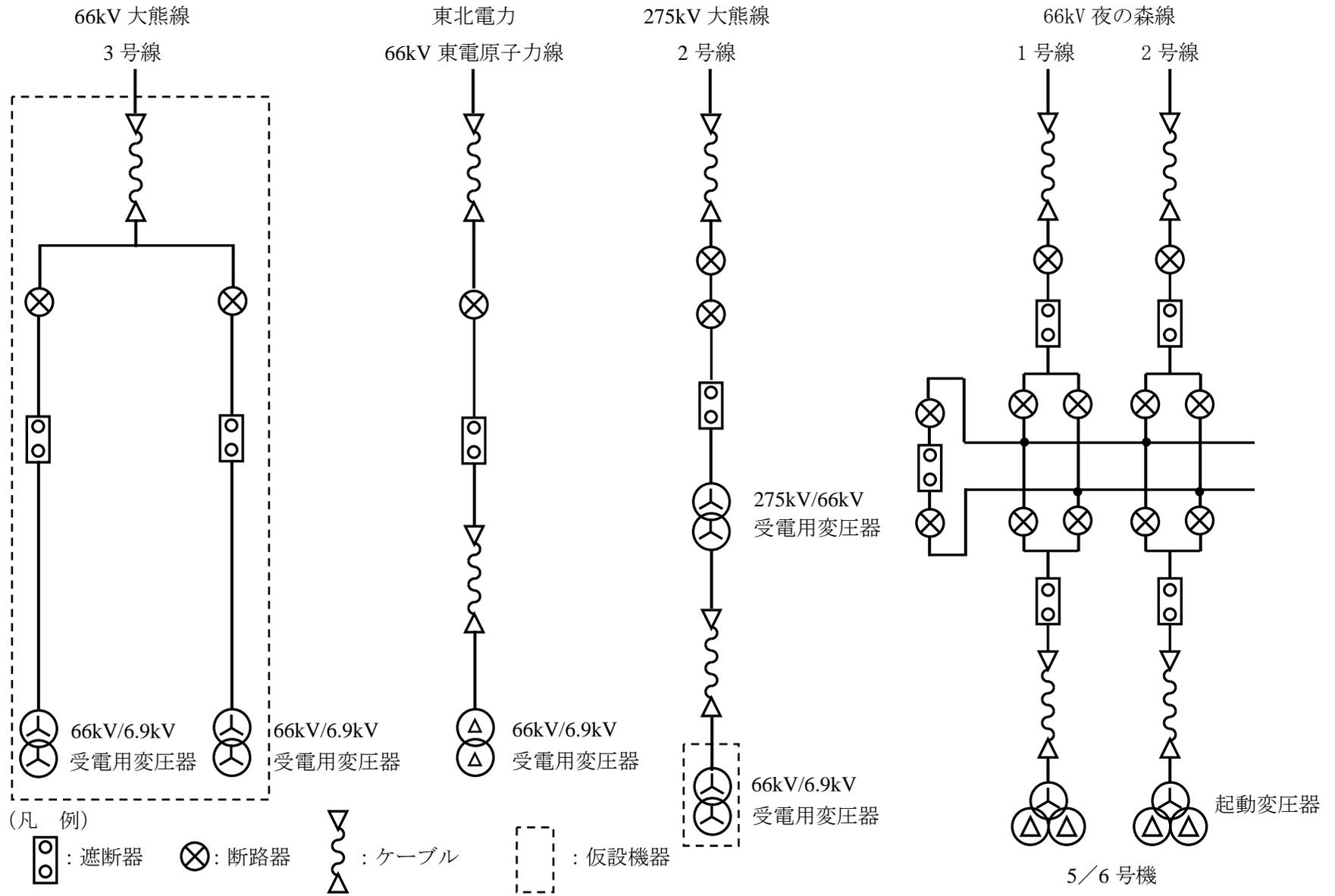


図 7-2 開閉設備単線結線図 (平成 23 年 9 月断面)

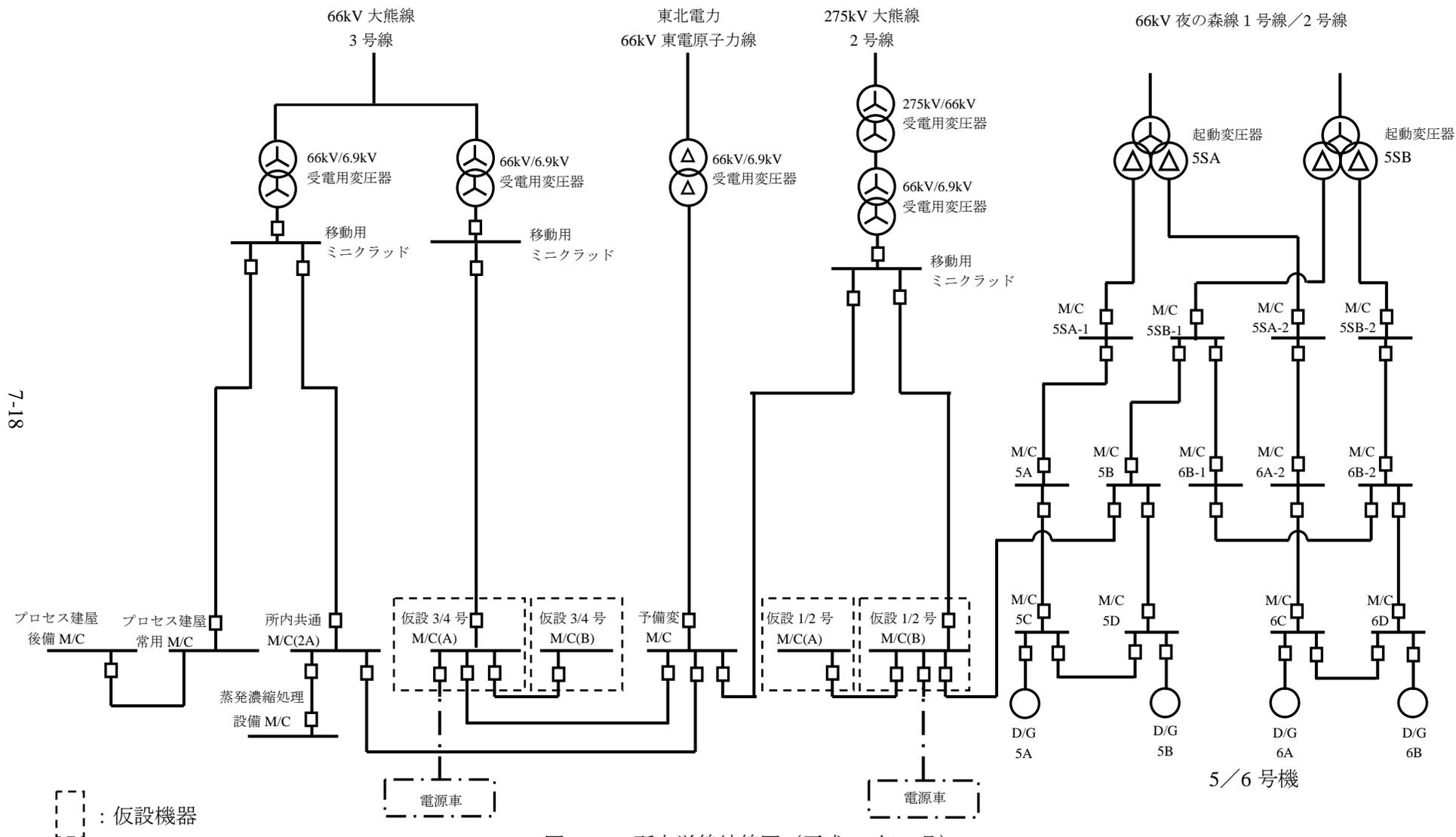


図 7-3 所内単線結線図 (平成 23 年 9 月)

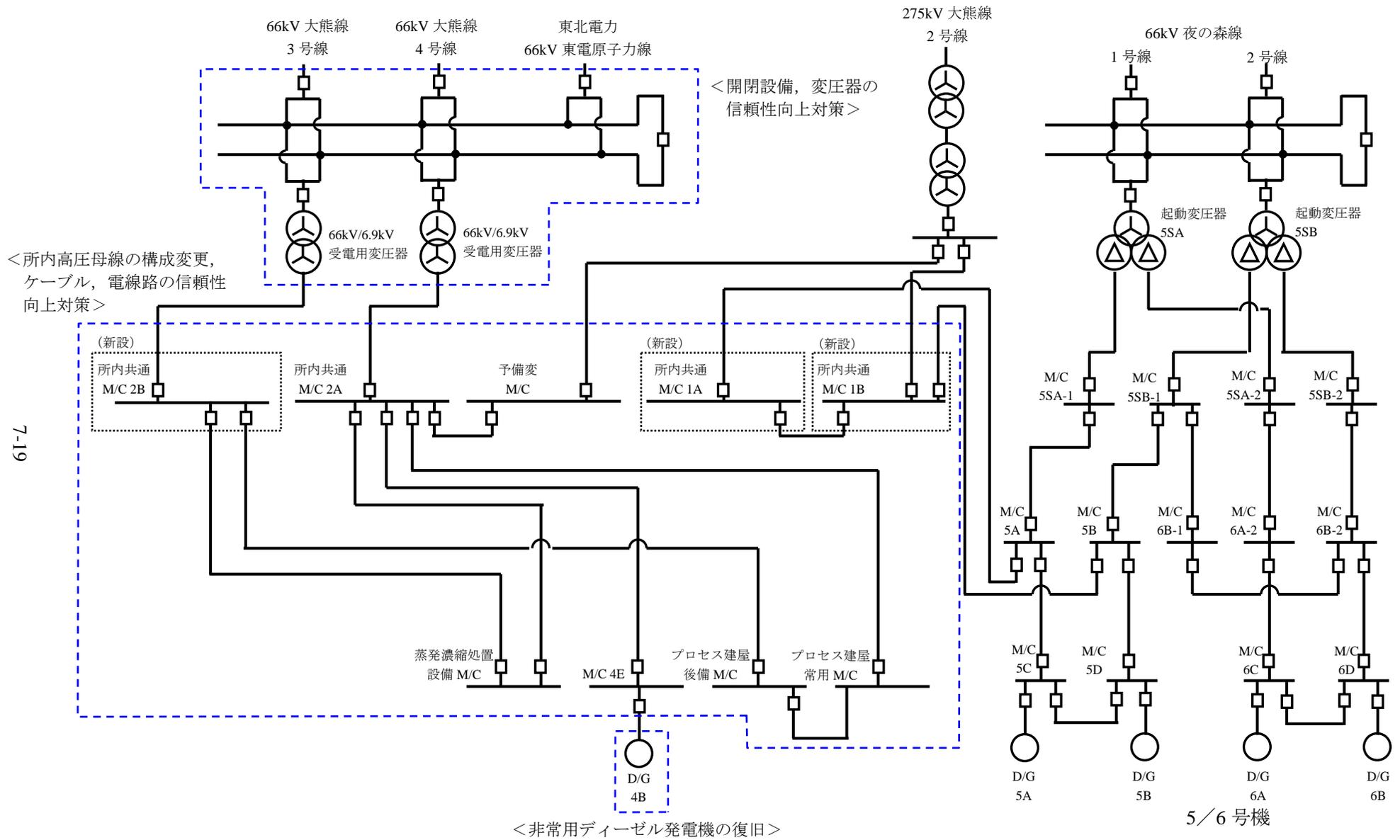


図 7-4 所内単線結線図 (平成 24 年 3 月)

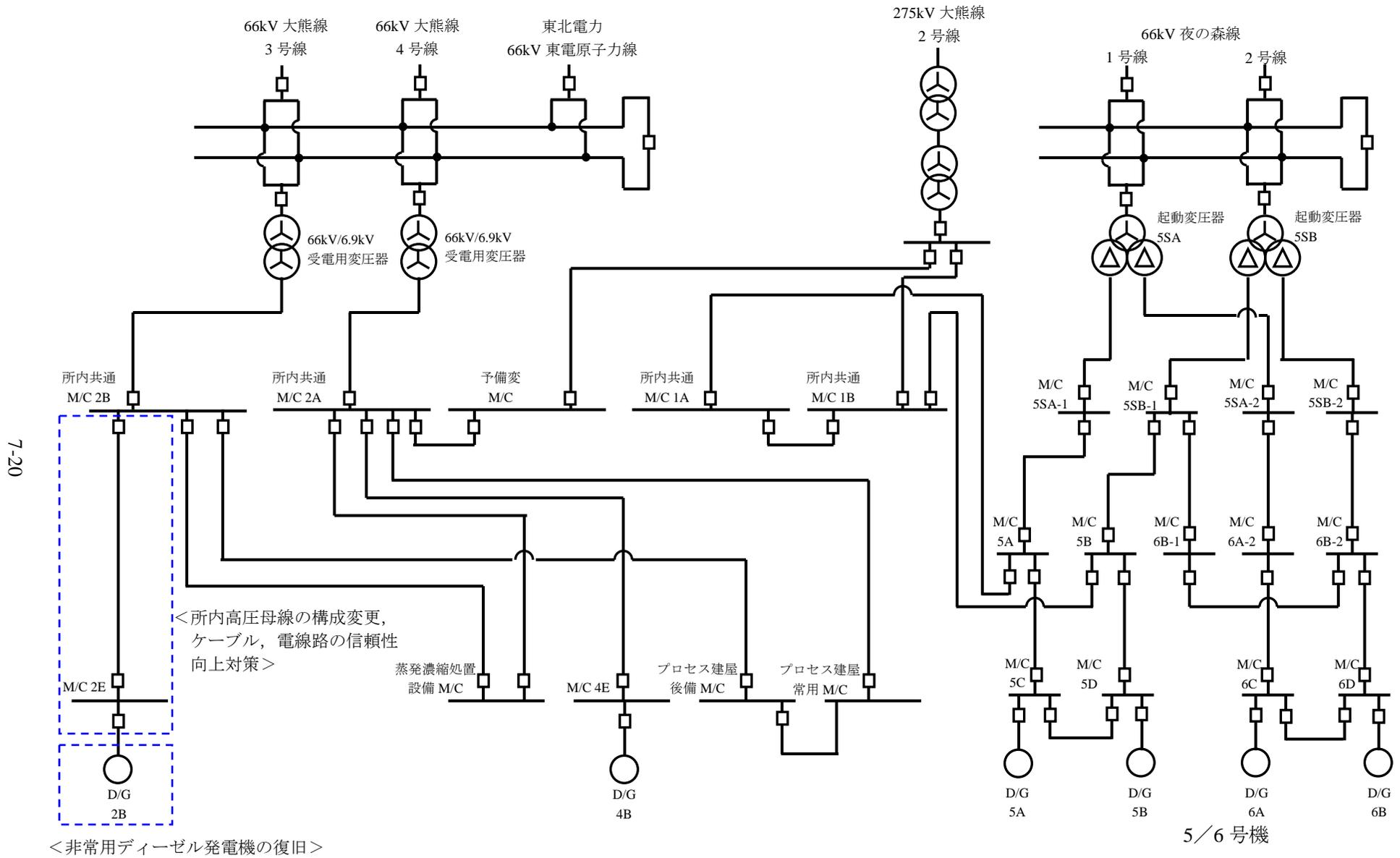


図 7-5 所内単線結線図 (今後の予定)