فصل هفدهم

انتخاب سطح ولتاژ

۱-۱۷ مقدمه

انتخاب سطح ولتاژ برای یک کارخانهٔ در حال احداث و یا تقویت و گسترش و مدرنیزه نمودن یک کارخانهٔ ساخته شده، مسئلهٔ مهمی است که در طراحی مسئلهٔ قدرت و هزینه ها تأثیر بسزائی دارد.

انتخاب سطح ولتاژ در یک مجتمع صنعتی جهت تغذیه بارهای مختلف موجود در مجتمع به فاکتورهای بسیاری بستگی دارد که لیست این فاکتورها در زیر آورده شده است.

۱- مقدار بار
۲- گستردگی و فاصله بارها از محل تغذیه
۳- سطح ولتاژ برق منطقه ای که در دسترس می باشد
۴- ولتاژ لازم برای بارهای مختلف

۵- عدم خطر برق گرفتگی

۶- اتصال واردهای موجود

۷- قیمت موتورها در سطوح ولتاژ مختلف

۸- قیمت درایوها

۹- قیمت راکتورها و خطوط انتقال و کابلها

۱۰- قیمت تقسیم بار (ترانسفورماتورها)

۱۱- امکان گسترش شبکه

۱۲- سطح اتصال کوتاه در باس بارها

۱۳- وجود نیروگاه داخلی

۱۴- مرکز ثقل بار

۱۵- وجود یا عدم وجود ماشینهای DC

با وجود فاکتورهای مختلفی که در انتخاب سطح ولتاژ برای مجتمع های بزرگ صنعتی خیلی صنعتی و با توجه به گستردگی و انواع مختلف این مجتمع ها بحث در مورد انتخاب سطح ولتاژ کار آسانی نمی باشد چرا که احتیاج به تحلیلهای زیادی دارد و خصوصاً در مملکت ما بعلت اینکه کارخانجات بزرگ توسط کشورهای مختلف خارجی ساخته شده است بحث بسیار گسترده و پیچیده خواهد بود.

به دلایل بالا در این فصل فقط نکات مهم مورد بحث قرار خواهند گرفت.

۱۷-۲ ولتاژ لازم برای بارهای مختلف

در سطح ولتاژ 220^V و 380^V انتخاب سطح ولتاژ با ولتاژ لازم برای بارهای مختلف تعیین می‌گردد. چرا که لامپها، بارهای کوچک و موتورهای کمتر از 40^{HP} می‌باید از این سطح ولتاژ تغذیه شوند. ماکزیمم توان موتوری که در این سطح ولتاژ ساخته و مورد استفاده قرار گرفته است 200^{HP} می‌باشد. از آنجائیکه موتورهای بین 40^{HP} الی 200^{HP} در سطح ولتاژ 380^V ارزانتر می‌باشند و همچنین از نظر حجم کوچکتر و در نتیجه نصب آسانتر دارند، استفاده از این ولتاژ برای تغذیه موتورهای بزرگ و تکنیک ولتاژ دیگری وجود نداشته باشد آسانتر است. البته در نظر گیری سطح اتصال کوتاه موجود با توجه به بحثی که در قسمت ۱۴-۲-۲ آمد و تعداد موتورها و امکان تغذیه از دو باس بار در این بحث جای خود را با توجه به مورد باز می‌نماید. یعنی اینکه ممکن است با توجه به مسئله نجات موتورها مجبور شویم از چندین باس بار 380^V و ترانس تغذیه جدا استفاده نمائیم که

قیمت مجموعه ، از قیمت استفاده از سطح ولتاژ بالاتر برای تغذیه این موتورها بیشتر شود.

خیلی از کوره‌های برقی از ولتاژ 380V استفاده می‌کنند. وسیله این نوع کوره‌ها مورد استفاده باشد استفاده از ولتاژ 380V ضروری است.

کوره‌های قوس الکتریک (Arc Furnaces) بزرگ همراه با ترانسفورماتورهای معمولاً از ولتاژی با بین 23 KV الی 35 KV استفاده می‌کنند. جائیکه از این نوع کوره‌ها استفاده می‌شود با توجه به این کوره والتاژ ولتاژ انتخاب شده توسط کارخانه سازنده ، انتخاب سطح ولتاژ مورد به یک سطح ولتاژ برای تغذیه کوره خواهد شد.

۱۷-۳ عدم خطر برق گرفتگی

خطر برق گرفتگی نیز یکی از عوامل تعیین سطح ولتاژ می‌باشد. طبق استاندارد در جاهائیکه وسائل توک تنی قابل حمل مورد استفاده قرار میگیرد استفاده از ولتاژ بالاتر از ۱۱۰ ولت مجاز نمی‌باشد. در محلهائیکه احتمال تماس مستقیم با برق وجود دارد مثلاً در زیرزمین در کوره‌ها و معدنها استفاده از ولتاژ کمتر از 32 ولت پیشنهاد شده است. طبق

استاندارد استفاده از ولتاژ بالاتر از 15 KV در داخل ساختمان مجاز می‌باشد

۱۷-۴ انتخاب سطح ولتاژ مابین 2.4 KV الی 15 KV

سطوح ولتاژ استاندارد در این رنج شامل ولتاژهای 2.4 KV ، 3.3 KV ، 4.16 KV ، 6.3 KV ، 11 KV ، 13.8 KV و 15 KV می‌باشند. در حالیکه ولتاژهای 2.4 KV و 4.16 KV بیشتر در کارخانجات ساخت امریکا بکار می‌روند کارخانجات ساخت اروپا از ولتاژ 3.3 KV استفاده می‌کنند. با توجه به مطالبی که در مورد عدم حضور برقگیر فتگی در بخش قبلی گفته شد، استفاده از این سطوح ولتاژ در داخل یا خارج ساختمان محدودیتی ندارد. وقتیکه مسئله تقویت کارخانه در آینده در نظر طراح می‌باشد، استفاده از ولتاژ بالاتر بهتر بوده و مخارج اضافی خرج شده در آینده جبران خواهد شد. در هر حال برای شبکه‌هائی که از 20 MVA توان بیشتر نیاز است، سطح ولتاژ 11 KV به بالا پیشنهاد شده است. شبکه‌هائی که از 10 MVA به پائین مصرف دارند ولتاژ 3.3 KV ، 4.16 KV برای آنان مناسب می‌باشد. در مجتمع‌های ذوب آهن و مجتمع‌های بزرگ پتروشیمی که وجود موتورهای بزرگ ناگزیر اساسی محسوب می‌گردد ولتاژهای 6.3 KV و 11 و یا 13.8 KV برای

تغذیه موتورهای با توان بالا معمولاً استفاده می‌شوند. شبکه‌هائی که دارای
10 الی 20 مگاولت آمپر توان مصرفی دارند، انتخاب ولتاژ با
آنالیز دقیق در مورد قیمت تمام شده برق رسانی صورت میگیرد
با این که وقتی صحبت از گسترش شبکه در آینده در میان باشد، استفاده
از ولتاژ بالاتر به صرفه خواهد بود.

فرض نمائید که کل بار در یک مجتمع 20MVA باشد. در صورت استفاده
از ولتاژ 4.16 KV جهت توزیع انرژی الکتریکی مخارج زیر بصورت
تقریبی برقرار است

۱- 2.1 $/KVA برای منبع تغذیه
۲- 1.9 $/KVA برای سوئیچگیرهای اولیه
۳- 2.0 $/KVA در هر 1000 ft برای کابلهای اولیه
۴- و مجموعاً 6.0 $/KVA بدست می‌آید

آما اگر از ولتاژ 13.8 KV استفاده شود:

۱- 0.35 $/KVA برای منبع تغذیه
۲- 2.2 $/KVA برای سوئیچگیرهای اولیه
۳- 1.25 $/KVA در هر 1000 ft برای کابلهای اولیه
۴- و مجموعاً 3.8 $/KVA بدست می‌آید به این مقدار می‌باید قیمت پست

های توزیع نیز که 2.0 $/KVA می باشد اضافه گردد که مجموعاً 5.8 $/KVA می گردد.

بنابراین حدود 0.2 $/KVA ذخیره می گردد. اما اگر توان مجتمع 30 MVA

مورد نیاز باشد این اختلاف به 0.1 $/KVA خواهد رسید که استفاده از ولتاژ

13.8 KV یا 11 KV را بصرفه تر می نماید.

همانطوریکه گفته شد موتورهای کوچکتر از 200 HP وقتیکه از 380 V تغذیه

شوند کم هزینه تر می باشند. اما موتورهای بزرگتر از 40 HP در سطوح

ولتاژ 2.4 KV به بالا در دسترس هستند. بنابراین اگر در جائی

از موتورهای 200 HP به بالا استفاده شده است و سطوح ولتاژ 2.4 KV

به بالا در دسترس است، امکان استفاده از این سطوح ولتاژ برای

تغذیه موتورهای 40 HP به بالا نیز وجود دارد. در انتخاب بین

ولتاژ 2.4 KV و 4.16 KV معمولاً ولتاژ 4.16 KV مخصوصاً وقتیکه

سطح انتقال کوتاه باشد ترجیح داده می شود. البته همیشه

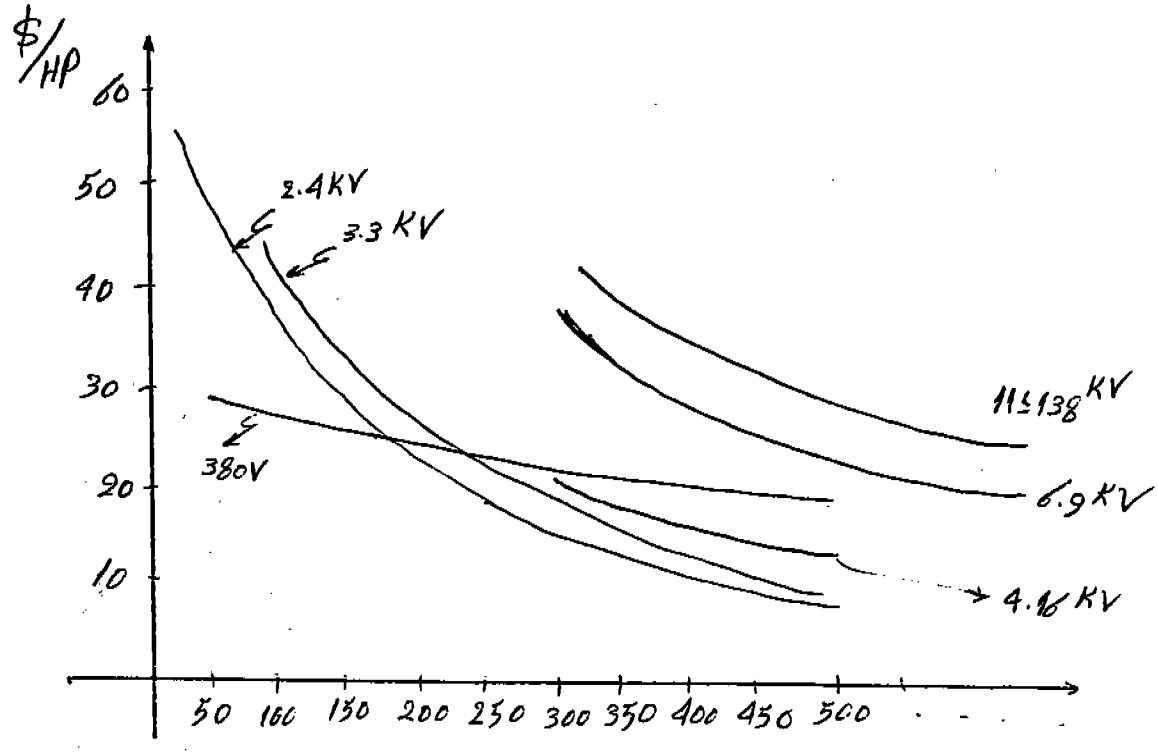
این نکته که وقتی وسائل دقیق الکترونیکی و کامپیوتری در مجتمع

وجود دارند و احتیاج به تغذیه آنان نیز هست بایست تبدیل سطح

ولتاژ و خطرات ناشی از زیاد ولتاژ سوئیچینگ با توجه به

بسته به تبدیل ترانسفورماتور ، استفاده از ولتاژ بالاتر ترجیح داده می‌شود.

منحنی کشیده شده در زیر اختلاف قیمت موتورها را در انواع مختلف ولتاژ نشان میدهد.



البته چهار مسئله در مورد دیاگرام بالا می‌باید تذکر داده شود

۱- اینکه قیمت کونکتورها که اگر تعداد موتورها در یکجا زیاد گردد سریعاً اضافه می‌شود در این حقایه در نظر گرفته نشده است

۲- مسئلهٔ نجات موتورها در تقسیم بار زیرا آنها مهم می‌باشد و بنابراین هزینهٔ پست های تغذیه کنندهٔ موتورها متغیر می‌باشد

گرچه قیمتهائی که در دیاگرام بالا آمده اند بسیار تقریبی است و حتما تورمی نیز در آنها هست ولی دیاگرام بالا کمک خوبی جهت مقایسهٔ قیمتها می باشد.

یکی از جاهائیکه استفاده از ولتاژ 2.4 KV یا 3.3 KV ترجیح داده می شود ایستگاههای پمپ آب می باشد.

برای مجتمع هائی که دارای موتورهای بزرگ می باشند طراحی در سطح ولتاژ 6.3 KV برای موتورهای کمتر از 2000 HP ترجیح داده می شود. در سطح ولتاژ 11 KV یا 13.8 KV استفاده از پستهای هوائی جهت تبدیل و تغذیهٔ موتورهای 200 HP الی 2000 HP ممکن است ضروری باشد اما این موتورها مستقیماً می توانند از سطح 6.3 KV تغذیه گردند بنابراین از تعداد و هزینهٔ پست ها کاسته می شود. بهرحال موتورهائی که برای انتخاب در سطح ولتاژ 380 V بزرگ هستند و از نظر اقتصادی مصرفه نیست که بر روی ولتاژهای 6.3 KV یا 11 KV قرار گیرند احتیاج به پست تبدیل ولتاژ به 2.4 KV یا 3.3 KV دارند.

در هرحال در طراحی شبکهٔ تغذیه در این سطوح ولتاژ باید تعدادی از موتورهائی که در بالا ذکر شد، می باید طراحی در سطوح ولتاژ مختلف

با تمامی پست‌ها، کوپلیرها و کابل‌ها صورت گرفته و از نظر هزینه آلترناتیوهای مختلف با یکدیگر مقایسه شوند.

در انتخاب ماین 13.8 KV و 6.3 KV نکته‌ای دیگر که در نظر گرفته می‌شود اینست که وقتی مجتمع صنعتی چنان گسترده باشد که توزیع ولتاژ در ولتاژ بالاتر از 15 KV امکانپذیر است، می‌توان از ولتاژ 6.3 KV جهت تغذیه بارها استفاده نمود و پستهای 6.3 KV در نقاط مختلف مجتمع گسترده شود. امّا در غیراینصورت استفاده از ولتاژ 13.8 KV بعلت پائین بودن هزینه توزیع ترجیح داده می‌شود.

درصورتیکه شرائط در یک مجتمع صنعتی هر دو مورد بالا را داشته باشد از هر دو سطح ولتاژ 13.8 KV (یا 11 KV) و 6.3 KV در نقاط مختلف استفاده میگردد.

۱۷-۵ انتخاب سطح ولتاژ بالاتر از 13^{KV}

سطوح ولتاژ در این رنج عبارتند از : 20^{KV} ، 33^{KV} و 63^{KV} . بمنظور بحث می‌توان این سطوح ولتاژ را در دو سطح 33^{KV} و 63^{KV} مورد بحث قرار داد. فاکتور اصلی در انتخاب مابین ولتاژ 33^{KV} و 63^{KV} مقدار ساختی است که در مجتمع در دسترس می‌باشد. چرا که در ولتاژ 63^{KV} وجود پستهای فضای آزاد ضروری می‌باشد (پستهای GIS مورد بحث نیستند) ، بنابراین در این سطح ولتاژ احتیاج به پست فضای آزاد داریم. در سطح ولتاژ 33^{KV} مساحت کمتری برای پستها مورد احتیاج است بنابراین می‌توان از این پستها استفاده کرد. در هر حال اگر مساحت منطقه پارامتر تعیین کننده نباشد توزیع توان در ولتاژ 63^{KV} ارزانتر تمام می‌شود. البته فاکتورهای دیگری از قبیل ولتاژ پشتیبان منطقه‌ای که در دسترس می‌باشد ، مقدار KVA مورد نیاز ، مقدار گسترش بار و غیره که قبلاً اشاره شد در این مورد نیز می‌باید مورد توجه قرار گیرد.